# Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales

# AMEF

## Cuarta Edición

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES

Manual de Referencia
Cuarta Edición

Sólo para fines de entrenamiento

Primera Edición, Febrero 1993 ● Segunda Edición, Febrero 1995 ● Tercera Edición, Julio 2001,
Cuarta Edición, Junio 2008
Copyright © 1993, © 1995, ©2001, © 2008-08-05
Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation
**ISBN: 978-1-60534-136-1**

Este documento consiste sólo de una interpretación al español, y es una copia libre del Manual de Referencia de FMEA-4: 2008 publicado por AIAG, y sólo debe considerarse como una consulta. El único documento oficial es el publicado originalmente en Ingles por AIAG mismo.

# PREFACIO
# 4a. EDICIÓN

El AMEF 4a. Edición es un manual de referencia a ser usado por los proveedores de Chrysler LLC, Ford Motor Company y General Motors Corporation como una guía para apoyarlos en el desarrollo de ambos AMEFs de Diseños y Procesos. El manual no define requerimientos, tiene la intención de clarificar preguntas relativas al desarrollo técnico de AMEFs. Este manual está alineado con SAE JI739.

**Resumen de Cambios del Manual de Referencia de AMEFs 4a. Edición**

Los métodos de AMEFDs y AMEFPs descritos en el Manual de Referencia de AMEFs 4ª. Edición incluyen aquellos asociados con el diseño al nivel de sistemas, subsistemas, interfases y componentes y los procesos en las operaciones de manufactura y ensamble.

## Cambios Generales

- El formateo usado en la 4a. edición tiene la intención de ofrecer una lectura más fácil.
  - Se incluye un índice.
  - Son usados iconos para indicar párrafos clave y entradas visuales son usadas.
- Ejemplos y texto adicionales han sido ofrecidos para mejorar la utilidad del manual y ofrecer un más estrecho tie dentro del proceso de AMEFs conforme se desarrolla.
- Reforzamiento en la necesidad de apoyo y soporte de la administración, el interés y revisiones del proceso y resultados de AMEFs.
- Define y enfatiza el entendimiento de los enlaces entre AMEFDs y AMEFPs, así como la definición de enlaces con otras herramientas.
- Mejoramientos en las tablas de rangos de la Severidad, ocurrencia y Detección de manera que sean de más sentido en el análisis y uso en el mundo real.
- Se introducen métodos alternativos que actualmente son aplicados en la industria.
  - Apéndices adicionales los cuales tienen formatos de ejemplo y aplicaciones de casos especiales de AMEFs.
  - El enfoque del "formato estándar" se ha reemplazado con varias opciones que representan aplicaciones actuales de AMEFs en la industria.
- La sugerencia de que el NPR no sea usado como el medio primario para evaluar riesgos. La necesidad del mejoramiento se ha revisado incluyendo un método adicional, y el uso del umbral para NPRs es clarificado como una práctica que no es recomendada.

El **Capítulo I** ofrece lineamientos generales para AMEFs, la necesidad de apoyo y soporte de la administración y el contra con un proceso definido para el desarrollo y mantenimiento de AMEFs, y la necesidad del mejoramiento continuo.

El **Capítulo II** describe la aplicación general de la metodología de AMEFs, la cual es común entre los procesos de AMEFDs y AMEFPs. Esto incluye la planeación, estrategia, planes de acción y la necesidad de apoyo, soporte y responsabilidades de la administración en los AMEFs.

El **Capítulo III** se enfoca en los AMEFDs (Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Diseños), estableciendo el alcance del análisis, el uso de diagramas de bloques, los diferentes tipos de AMEFDs, la formación de equipos, el procedimiento básico para análisis, los planes de acción y seguimientos, las alternativas para NPRs y la conexión con AMEFPs y planes de validación.

Solo para fines de entrenamiento

El **Capítulo IV** se enfoca en AMEFPs (Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Procesos), estableciendo el alcance del análisis, el uso de diagramas de flujo, la formación de equipos, el procedimiento básico para análisis, los planes de acción, la conexión con AMEFDs y el desarrollo de planes de control.

Los **Apéndices** tienen varios ejemplos de formatos de AMEFDs y AMEFPs y abordan diferentes aplicaciones y procedimientos para abordar riesgos de diseños y procesos.

El Grupo ó Fuerza de Tareas de Calidad de Proveedores le gustaría agradecer a los siguientes individuos, y sus compañías, quienes han contribuido en su tiempo y esfuerzos para el desarrollo de esta edición del Manual de Referencia de AMEFs:

Míchael Down, General Motors Corporation
Lawrence 1rozowski, General Motors Corporation
Hisham Younis, Ford Motor Company
David Benedict, Chrysler LLC
John Feghali, Chrysler LLC
Michael Schubert, Delphi
Rhonda Brender, Delphi
Gregory Gruska, Omnex
Glen Vallance, Control Planning Initiatives
Milena Krasích, Bose
William Haughey, ReliaTrain

Este manual tiene derechos de copia de Chrysler LLC, Ford Motor Company y General Motors Corporation, con todos los derechos reservados. Copias adicionales pueden obtenerse de AIAG @ www.aiag.org. Organizaciones en la cadena de proveedores de Chrysler LLC, Ford Motor Company ó General Motors Corporation tienen el permiso de copiar los formatos usados en este manual.

Sólo para fines de entrenamiento

# TABLA DE CONTENIDO


Cambios Generales ..... i
Capítulo I ..... 1
Lineamientos Generales para AMEFs ..... 1
Introducción ..... 2
Proceso de un AMEF ..... 2
Propósito del Manual ..... 3
Alcance del Manual ..... 4
Impacto en la Organización y Administración ..... 4
AMEF Explicado ..... 5
Seguimiento y Mejoramiento Continuo ..... 6
Capítulo II ..... 7
Visión General de una Estrategia, Planeación e Implementación de AMEFs ..... 7
Introducción ..... 8
Estructura Básica ..... 8
Enfoque ..... 8
Identifica al Equipo ..... 9
Define el Alcance ..... 10
Define al Cliente ..... 11
Identifica las Funciones, Requerimientos y Especificaciones ..... 11
Identifica los Modos de Fallas Potenciales ..... 12
Identifica los Efectos Potenciales ..... 12
Identifica las Causas Potenciales ..... 12
Identifica los Controles ..... 13
Identificación y Evaluación de Riesgos ..... 13
Acciones Recomendadas y Resultados ..... 13
Responsabilidades de la Administración ..... 14
Capítulo III ..... 15
Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Diseño AMEFDs ..... 15
Introducción ..... 16
Cliente Definido ..... 16
Enfoque de Equipo ..... 17
Consideraciones de Manufactura, Ensamble y Facilidad de Servicio ..... 17
Desarrollo de un AMEF de Diseño ..... 18
Prerequisitos ..... 18
Diagramas de Bloques (con Fronteras) ..... 18
Diagramas de Parametros (P) ..... 21
Requerimientos Funcionales ..... 22
Otras Herramientas y Recursos de Información ..... 22
Ejemplo de un AMEFD ..... 25
Encabezado de un Formato para AMEFs de Diseños (campos A-H) ..... 25
Cuerpo de un Formato para AMEFDs (campos a — n) ..... 29
Mantenimiento de AMEFDs ..... 64
Apalancamiento de AMEFDs ..... 65
Enlaces ..... 65
Plan & Reporte de Verificaciones de Diseños (P&RVDs.) ..... 66
AMEFPs ..... 66
Capítulo IV ..... 67
Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Procesos AMEFPs ..... 67
Introducción ..... 68
Cliente Definido ..... 69
Enfoque de Equipo ..... 69
Consideraciones de Diseño ..... 69
Desarrollo de un AMEF de Procesos ..... 70


Solo para fines de entrenamiento

Pre requisitos ..... 70
Diagramas de Flujo del Proceso y su Enlace con AMEFPs ..... 70
Otras Herramientas y Fuentes de Información ..... 73
Información de Investigación ..... 73
Ejemplo de un Formato de AMEFPs ..... 75
Encabezado de un Formato para AMEFs de Procesos (campos A-H) ..... 75
Cuerpo de un Formato para AMEFPs (campos a – n) ..... 77
Mantenimiento de AMEFPs ..... 110
Apalancamiento de AMEFPs ..... 110
Enlaces ..... 111
Con AMEFDs ..... 111
Con Planes de Control ..... 112
APÉNDICES ..... 113
Apéndice A: Formatos Muestra ..... 114
Formatos de AMEFDs ..... 114
Formatos de AMEFPs ..... 121
Apéndice B: AMEFs al Nivel de Sistemas ..... 130
Interfases ..... 131
Interacciones ..... 131
Relaciones ..... 133
Niveles Múltiples de AMEFs de Diseños ..... 133
Apéndice C: Alternativas de Evaluaciones de Riesgos ..... 135
Alternativas para NPR ..... 135
Alternativa: SO (S x O) ..... 136
Alternativa: SOD, SD ..... 136
Apéndice D: Técnicas de Análisis Alternativas ..... 137
Análisis de Modos de Fallas, Efectos y Criticalidad (AMFECs) ..... 137
Revisiones de Diseños Basadas en Modos de Fallas (RDBMFs) ..... 137
Análisis de Árboles de Fallas (AAFs) ..... 137
Referencias y Lecturas Sugeridas ..... 140
Índice ..... 141

Sólo para fines de entrenamiento

# TABLAS y FIGURAS


Figura III.1a Ejemplos de Diagramas (Límites) de Bloques ..... 19
Figura III.1b, c Ejemplos de Diagramas (Límites) de Bloques ..... 20
Figure III.2 Ejemplo de un Diagrama (P) de Parámetros para un Convertidor Catalítico Genérico ..... 21
Tabla III.1 Formato Ejemplo de AMEFDs con Mínimos Elementos
de Información & Entradas de Ejemplos ..... 24
Tabla III.3 Ejemplos de Modos de Fallas Potenciales ..... 32
Tabla III.4 Ejemplos de Efectos Potenciales ..... 35
Tabla Crl Criterios Sugeridos de Evaluación de Severidad para AMEFDs ..... 37
Tabla III.5 Ejemplos de Causas Potenciales ..... 42
Tabla Cr2 Criterios Sugeridos de Evaluación de Ocurrencia para AMEFDs ..... 46
Tabla III.6 Ejemplos de Controles de Diseño para Prevención y Detección ..... 51
Tabla Cr3 Criterios Sugeridos de Evaluación de Prevención/Detección para AMEFDs/AMEFPs ..... 54
Tabla III.7 Ejemplos de Causas, Controles y Acciones Recomendadas ..... 64
Tabla III.7 Flujo de Interrelaciones de Información en los AMEFDs ..... 65
Figura IV.1 Mapas de Procesos de Alto Nivel a Detalle ..... 71
Tabla IV.1 Formato Ejemplo de AMEFPs con Mínimos Elementos de
Información & Entradas de Ejemplos ..... 74
Tabla IV.2 Ejemplos de Columnas de Paso/Función/Requerimientos
del Proceso en el Formato de AMEFPs incluyendo Modos de Fallas Potenciales ..... 81
Tabla IV.3 Ejemplos de Efectos ..... 85
Tabla Cr1 Criterios Sugeridos de Evaluación de Severidad para AMEFPs ..... 88
Tabla Cr2 Criterios Sugeridos de Evaluación de Ocurrencia para AMEFPs ..... 93
Tabla IV.4 Ejemplos de Causas y Controles ..... 96
Tabla Cr3 Criterios Sugeridos de Evaluación de Detección para AMEFPS ..... 100
Tabla IV.5 Ejemplos de Causas, Controles y Acciones ..... 110
Figura IV.5 Flujo de Interrelaciones de Información en los AMEFPs ..... 111
Formato A para AMEFDs ..... 115
Formato B para AMEFDs ..... 116
Formato C para AMEFDs ..... 117
Formato D para AMEFDs ..... 118
Formato E para AMEFDs ..... 119
Formato F para AMEFDs ..... 120
Formato A para AMEFPs ..... 122
Formato B para AMEFPs ..... 123
Formato C para AMEFPs ..... 124
Formato D para AMEFPs ..... 125
Formato E para AMEFPs ..... 126
Formato F para AMEFPs ..... 127
Formato G para AMEFPs ..... 128
Formato H para AMEFPs ..... 129
Figura B.1 Interfases e Interacciones ..... 130
Figura B.2 Item/Artículo/Punto, Funciones y Fallas ..... 132
Figura B.3 Enlaces de Efectos de AMEFDs ..... 134
Tabla C.1 Contrates entre RPN, SOD y SD ..... 136
Figura D.1 Ejemplo de Elementos de una RDBMF ..... 138
Figura D.2 Estructura de un Árbol de Fallas AAF ..... 139


Solo para fines de entrenamiento

Sólo para fines de entrenamiento

# Capítulo I

## Lineamientos Generales para AMEFs

## Introducción

Este manual introduce el tópico de Análisis de Modo y Efectos de Fallas Potenciales (AMEF) y ofrece lineamientos generales en la aplicación de esta técnica

## Proceso de AMEFs

El AMEF es una metodología analítica usada para asegurar que problemas potenciales se han considerado y abordado a través del proceso de desarrollo del producto y proceso (APQP –Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto). El resultado más visible es la documentación de conocimientos en forma colectiva de grupos multifuncionales.

Parte de la evaluación y análisis es una evaluación de riesgos misma. El punto importante es que se conduzca una discusión en relación al diseño (del producto o proceso), la revisión de las funciones y cambios en la aplicación, y los riesgos resultantes de las fallas potenciales.

Cada AMEF debiera asegurar que se ha dado atención a cada componente dentro del producto o ensamble. Para componentes o procesos críticos o relacionados con la seguridad se les debiera dar una alta prioridad.

Uno de los factores más importantes para la implementación exitosa de un programa de AMEF es tiempo y oportunidad. Significa que es una acción “antes-del-evento”, y no un ejercicio “después-del-hecho”. Para lograr el mayo valor, el AMEF debe hacerse antes de la implementación de un producto o proceso en el cual existe el potencial de modos de falla. Tiempo por anticipado invertido apropiadamente en completar un AMEF, cuando los cambios del producto/proceso pueden ser implementados más fácil y económicamente, minimizaría la crisis de cambios tardíos. Las acciones que resulten de un AMEF pueden reducir o eliminar la probabilidad de implementar un cambio que crearía aún un aspecto de preocupación más grande.

Idealmente, el proceso del AMEF de Diseño debiera iniciarse en etapas iniciales del diseño y el AMEF de Proceso antes de que el herramental o equipo de manufactura es desarrollado y comprado. El AMEF evoluciona a lo largo de cada etapa del proceso de desarrollo del diseño y la manufactura y puede también ser usado en la solución de problemas.

El AMEF puede también ser aplicado para áreas que no son de manufactura. Por ejemplo, el AMEF podría ser usado para analizar riesgos en un proceso de administración o para la evaluación de un sistema de seguridad. En general, el AMEF se aplica para fallas potenciales en el diseño del producto y los procesos de manufactura, donde los beneficios son claros y potencialmente significativos.

Sólo para fines de entrenamiento

## Propósito del Manual

Éste manual describe los principios básicos e implementación del proceso de AMEFs [1] y como es integrado dentro del ciclo de desarrollo del producto y el proceso. Esto incluye la documentación de este proceso y como los análisis son aplicados para mejoramientos necesarios y oportunos de un producto o un proceso y en sus etapas de desarrollo iniciales y completas.

Éste manual ofrece también descripciones y ejemplo de metodologías alternativas y de soporte para estos análisis, sus ventajas y limitaciones específicas, guías de cómo el análisis se realiza para un máximo mejoramiento en la confiabilidad o mitigación de riesgos potenciales de seguridad. El manual ofrece guías sobre como los riesgos pueden ser representados, medidos y priorizados para una mitigación efectiva de costos en los efectos de las fallas.

Como una herramienta en la evaluación de riesgos, el AMEF es considerado como un método para identificar la severidad de efectos potenciales de fallas y ofrece entradas para medidas de mitigación para reducir riesgos. En muchas aplicaciones, el AMEF también incluye una estimación de la probabilidad de ocurrencia de las causas de las fallas y sus modos de falla resultantes. Esto amplia el análisis ofreciendo una medida de probabilidad de los modos de fallas. Para minimizar los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de la falla se reduce y la cual incrementa la confiabilidad del producto y el proceso. El AMEF es una herramienta que es instrumental en el mejoramiento de la confiabilidad.

Existen tres casos básicos para los cuales el proceso de AMEFs es aplicado, cada uno con un alcance o enfoque diferentes:

Caso 1: Nuevos Diseños, nueva Tecnología ó nuevos Procesos.
El alcance del AMEF es el diseño, tecnología o proceso completos.

Caso 2: Modificaciones a diseños o procesos existentes.
El alcance del AMEF debiera enfocarse en las modificaciones a los diseños o procesos, posibles interacciones debidas a la modificación e historia de campo. Esto puede incluir cambios en requerimientos Regulatorios.

Caso 3: Uso de un diseño o proceso existente y en un ambiente, localización, aplicación o perfil de uso nuevos (incluyendo ciclo debido, requerimientos regulatorios, etc.).
El alcance del AMEF debiera enfocarse en el impacto del ambiente, localización o uso en la aplicación nuevos en el diseño o proceso existente.

[1] El AMEF aquí presente también es conocido como el Análisis de Modos de Fallas, Efectos y Criticalidad (AMFECs) dado que incluye una cuantificación de los riesgos.

Sólo para fines de entrenamiento

## Alcance del Manual

Los métodos analíticos presentados en este manual se aplican a cualquier producto o proceso. Sin embargo, este manual, se enfoca a aquellas aplicaciones que prevalecen dentro de la industria automotriz y sus proveedores.

## Impacto en la Organización y Administración

El AMEF es una actividad importante dentro de cualquier compañía. Debido a que el desarrollo de un AMEF es una actividad multidisciplinaria que afecta el proceso completo de elaboración de un producto, su implementación necesita ser bien planeada para que sea plenamente efectiva. Este proceso puede tomar tiempo considerable y el compromiso de recursos requeridos es vital. Es importante para el desarrollo del AMEF un dueño del proceso y el compromiso de la alta administración.

El enfoque de implementación varía dependiendo del tamaño y estructura de la compañía en cuestión, aunque los principios son los mismos:

- El alcance cubre los AMEFs elaborados en planta y por múltiples proveedores
- Se abordan AMEFs de Diseños y Procesos, conforme aplique.
- Se desarrolla esto teniendo el proceso de AMEFs como una parte integral del proceso de APQP.
- Son parte de revisiones técnicas de ingeniería.
- Son parte de la liberación y aprobación regular del diseño del producto o proceso.

Un AMEF se desarrolla por un equipo multifuncional. El tamaño del equipo depende tanto de la complejidad del diseño como el tamaño y organización de la compañía. Los miembros del equipo necesitan experiencia relevante, tiempo disponible y autoridad aprobada por la administración.

Un programa completo de entrenamiento debiera implementarse incluyendo:

- Visión general para la administración
- Entrenamiento a los usuarios
- Entrenamiento a los proveedores
- Entrenamiento a los facilitadores

Finalmente, la administración tiene la responsabilidad y es dueño del desarrollo y mantenimiento de los AMEFs.

Sólo para fines de entrenamiento

## AMEF Explicado

Los AMEFs son una parte integral de la administración de riesgos y soporte del mejoramiento continuo. Consecuentemente, el AMEF llega a ser una parte clave del desarrollo del Producto y el Proceso. El proceso de Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto (APQP) identifica cinco áreas generales de enfoque en este proceso de desarrollo:

- Planea y Define un Programa
- Diseño y Desarrollo del Producto
- Diseño y Desarrollo del Proceso
- Validación del Producto y el Proceso
- Retroalimentación, Evaluaciones y Acciones Correctivas

El manual de referencia de APQP muestra a los AMEFDs como una actividad en la sección de Diseño y Desarrollo del Producto del esquema de tiempo y los AMEFPs en la sección de Diseño y Planeación del Proceso. El desarrollo de los AMEFDs ó AMEFPs es un proceso que ayuda a guiar a los equipos en el desarrollo de los diseños del producto y el proceso a que cumplan con expectativas.

El análisis de AMEFs no debiera ser considerado como un evento sólo, más bien es un compromiso de largo plazo que complementa el desarrollo del producto y proceso para asegurar que las fallas potenciales son evaluadas y se toman acciones para reducir sus riesgos.

Un aspecto clave del mejoramiento continuo es la retención del conocimiento de aprendizajes pasados los cuales a menudo son capturados en AMEFs. Es aconsejable a las organizaciones capitalizar análisis previos de diseños de productos y proceso similares para uso como un punto de partida para un siguiente programa y/o aplicación.

El lenguaje usado en los AMEFs debiera ser lo más específico posible cuando se describa algún item (por ejemplo, modo de falla ó causa) y no extender ó extrapolar más allá del nivel de entendimiento del equipo acerca de lo que serían los efectos de las fallas.

Declaraciones claras, terminología y enfoque concisos en los efectos actuales son la clave para una identificación y mitigación efectiva de aspectos claves de riesgos.

Sólo para fines de entrenamiento

## Seguimiento y Mejoramiento Continuo

La necesidad de tomar acciones preventivas/correctivas efectivas, con un apropiado seguimiento en dichas acciones, puede no ser sobre enfatizado. Las acciones debieran ser comunicadas a todas las áreas afectadas. Un AMEF totalmente completo y bien desarrollado es de valor limitado sin acciones preventivas/correctivas positivas y efectivas.

El liderazgo del equipo (típicamente el líder del equipo / ingeniero líder) está a cargo de asegurar que todas las acciones recomendadas han sido implementadas ó abordadas adecuadamente. El AMEF es un documento vivo y debiera siempre reflejar el último nivel, así como las acciones relevantes más recientes, incluyendo aquellas que ocurran después del inicio de producción.

El líder del equipo / ingeniero líder cuenta con diferentes medios para asegurara que las acciones recomendadas se implementen. Estos incluyen, aunque no se limitan a lo siguiente:

- Revisando diseños, procesos y registros relacionados para asegurar que las acciones recomendadas se hayan implementado,
- Confirmando la incorporación de los cambios a la documentación de diseño/ensamble/manufactura, y
- Revisando AMEFs de Diseños/Procesos, aplicaciones especiales de AMEFs y Planes de Control.

Sólo para fines de entrenamiento

Sólo para fines de entrenamiento

# Capítulo II

## Visión General de AMEFs
## Estrategia, Planeación e Implementación

## Introducción

El desarrollo de un AMEF, de diseño ó procesos, utiliza un enfoque común para abordar:

- Fallas potenciales del producto ó proceso para cumplir con expectativas
- Consecuencias potenciales
- Causas potenciales de modos de fallas
- Aplicación de controles actuales
- Niveles de riesgo
- Reducción de riesgos

Antes de que el documento de AMEF sea iniciado, el equipo debe definir el alcance del proyecto y recolectar información existente la cual es necesaria para un efectivo y eficiente proceso de desarrollo de AMEFs.

## Estructura Básica

El propósito de los formatos recomendados de AMEFs descritos en este manual son organizar la recolección y despliegue de información de AMEFs mismos relevante. Los formatos específicos pueden variar en base a las necesidades de la organización y los requerimientos de los clientes.

Fundamentalmente, el formato utilizado debiera abordar:

- Funciones, requerimientos y enviables/entregables de un producto ó proceso siendo analizado,
- Modos de fallas cuando los requerimientos funcionales no se cumplen,
- Efectos y consecuencias de los modos de fallas,
- Causas potenciales de modos de fallas,
- Acciones y controles para abordar las causas de los modos de fallas, y
- Acciones para prevenir recurrencias de modos de fallas.

## Enfoque

No hay un solo ó único proceso para el desarrollo de AMEFs; sin embargo hay elementos comunes como se describen adelante.

Sólo para fines de entrenamiento

## Identifica al Equipo

Como se mencionó previamente, el desarrollo del AMEF es responsabilidad de un equipo multidisciplinario (ó multifuncional) cuyos miembros abarcan los conocimientos del tema necesarios. Esto debiera incluir el conocimiento y experiencia en la facilitación del proceso de AMEFs. Se recomienda el enfoque de equipo para beneficiar el proceso de desarrollo de los AMEFs y asegurar las entradas y colaboración de todas las áreas funcionales afectadas.

El líder de equipo de los AMEFs debiera seleccionar a los miembros del equipo con la experiencia relevante y la autoridad necesarios. Además de ingenieros de diseños y procesos, los siguientes son ejemplos de recursos adicionales:

| Tópico de desarrollo del AMEF | Recursos ó Experiencia Relevantes |
|---|---|
| Alcance | Administración de Programas, Clientes, Individuo(s) responsable(s) de integraciones |
| Funciones, requerimientos y expectativas | Clientes, Administración de Programas, Individuo(s) responsable(s) de integraciones, Operaciones de Servicios, Seguridad, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística y Materiales |
| Modos de fallas potenciales – la forma en que un proceso ó producto puede fallar | Clientes, Administración de Programas, Individuo(s) responsable(s) de integraciones, Operaciones de Servicios, Seguridad, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad |
| Efectos y consecuencias de las fallas – tanto para los procesos de la organización, como en el flujo hasta los clientes | Clientes, Administración de Programas, Individuo(s) responsable(s) de integraciones, Operaciones de Servicios, Seguridad, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad |
| Causas de fallas potenciales | Clientes, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Confiabilidad, Análisis de Ingeniería, Fabricante de Equipos, Mantenimiento |
| Frecuencia de ocurrencia de fallas potenciales | Clientes, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Confiabilidad, Análisis de Ingeniería, Análisis Estadístico, Fabricante de Equipos, Mantenimiento |
| Aplicación de controles de prevención actuales | Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Fabricante de Equipos, Mantenimiento |
| Aplicación de controles de detección actuales | Clientes, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Mantenimiento |
| Acciones recomendadas requeridas | Clientes, Administración de Programas, Individuo(s) responsable(s) de integraciones, Manufactura y Ensamble, Empaque, Logística, Materiales, Calidad, Confiabilidad, Análisis de Ingeniería, Análisis Estadístico, Fabricante de Equipos, Mantenimiento |

Solo para fines de entrenamiento

## Define el Alcance

El alcance establece los límites del análisis del AMEF. Define lo que es incluido y excluido, y determinado en base al tipo de AMEF siendo desarrollado, ej., sistemas, subsistemas o componentes. Antes de que el AMEF pueda iniciar, debe determinarse un claro entendimiento de lo que será evaluado. Lo que se excluye puede ser tan importante como lo que se incluye e el análisis. EL alcance necesita establecerse al inicio del proceso para asegurar una dirección y enfoque consistentes.

Lo siguiente puede ayudar al equipo en la definición del alcance de un AMEF:

- Modelos de Funciones
- Diagramas de Bloques (Límites)
- Diagramas de Parámetros (P)
- Diagramas de Interfaces
- Diagramas de Flujo de Procesos
- Matrices de Interrelaciones
- Diagramas Esquemáticos
- Listas de Materiales (BOM)

### AMEFs de Sistemas

Un AMEF de sistemas se hace de varios subsistemas. Ejemplos de sistemas incluyen: Sistema del Chassis, Sistema Powertrain ó Sistema Interior, etc. El enfoque de los AMEFs de Sistemas es abordar todas las fases e interacciones entre los sistemas, subsistemas, medio ambiente y los clientes.

### AMEFs de Subsistemas

Un AMEF de Subsistemas es un subconjunto de un AMEF de sistemas. Un ejemplo de un subsistema es el subsistema de suspensión frontal, el cual es un subconjunto del Sistema del Chassis. El enfoque los AMEFs de subsistemas es abordar todas las interfases e interacciones entre los componentes del sistema y las interacciones con otros subsistemas o sistemas.

### AMEFs de Componentes

Un AMEF de componentes es un subconjunto de un AMEF de subsistemas. Por ejemplo, un pedal de frenos es un componente del ensamble de frenos, y el cual es un subsistema del sistema del chassis.

NOTA: Cualquier ajuste subsecuente al alcance puede requerir de una modificación en la estructura y miembros del equipo.

Sólo para fines de entrenamiento

## Define al Cliente

Existen cuatro clientes principales a ser considerados en el proceso de AMEFs, y todos necesitan ser tomados en cuenta en el análisis de un AMEF:

- USUARIO FINAL: La persona u organización que utilice el producto. El análisis del AMEF que afecte al Usuario Final podría incluir, por ejemplo, durabilidad.
- CENTROS DE MANUFACTURA y ENSAMBLE (PLANTAS) de OEMs: Las localizaciones de OEMs (Fabricantes de Equipo Original) donde las operaciones de manufactura (ej., estampado y powertrain) y ensamble de vehículos toman lugar. El abordar las interfases entre el producto y su proceso de ensamble es crítico en un efectivo análisis de AMEFs.
- MANUFACTURA EN LA CADENA DE SUMINISTROS: La localización del proveedor donde la manufactura, fabricación ó ensamble de materiales ó partes para producción toma lugar. Esto incluye la fabricación de partes para producción y servicios y ensambles y procesos tales como, tratamiento térmico, soldadura, pintado, acabado metálico u otros servicios de acabado. Esto puede ser en cualquier operación subsecuente ó flujo abajo ó en un proceso de manufactura de un proveedor siguiente.
- REGULADORES: Agencias de gobierno que definan requerimientos y monitoreen cumplimientos con especificaciones de seguridad y ambientales las cuales impacten en el producto ó proceso.

El conocimiento de estos clientes puede ayudar a definir las funciones, requerimientos y especificaciones más robustamente, así como una ayuda en la determinación de los efectos relacionados con modos de fallas.

## Identifica Funciones, Requerimientos y Especificaciones

Identifica y entiende las funciones, requerimientos y especificaciones relevantes al alcance definido. El propósito de esta actividad es clarificar la intención de diseño ó propósito del proceso del item/artículo. Esto ayuda en la determinación de los modos de fallas potenciales para cada atributo ó aspecto de la función.

Sólo para fines de entrenamiento

## Identifica Modos de Fallas Potenciales

El modo de falla es definido como la forma ó manera en la cual un producto ó proceso podría fallar para cumplir con la intención del diseño ó requerimientos del proceso. Se hace el supuesto de que la falla podría ocurrir pero que no necesariamente ya ocurrió. Una definición de falla concisa y entendible es importante dado que enfoca el análisis apropiadamente. Los modos de fallas potenciales debieran ser descritos en términos técnicos y no necesariamente como un síntoma notado por el cliente. Un largo número de modos de fallas para un solo requerimiento puede indicar que el requerimiento definido no es conciso.

## Identifica Efectos Potenciales

Los efectos potenciales de fallas son definidos como los efectos de los modos de fallas como los percibe el cliente. Los efectos ó impactos de las fallas son descritos en términos de lo que el cliente podría notar ó experimentar. El cliente puede ser uno interno así como el Usuario Final.

La determinación de los efectos potenciales incluye el análisis de las consecuencias de las fallas y la severidad ó seriedad de dichas consecuencias.

## Identifica Causas Potenciales

Una causa potencial de una falla es definida como una indicación de cómo la falla podría ocurrir, descrita en términos de algo que podría ser corregido ó controlado. Una causa potencial de una falla podría ser una indicación de una debilidad en el diseño, la consecuencia de lo que sería el modo de falla.

Existe una relación directa entre una causa y su modo de falla resultante (ej., si la causa ocurre, entonces el modo de falla ocurre). La identificación de las causas raíz del modo de la falla, en suficiente detalle, permite la identificación de controles apropiados y planes de acción. Un análisis de causas potenciales por separado es ejecutado para cada causa si existen causas múltiples.

Sólo para fines de entrenamiento

## Identifica Controles

Los controles son aquellas actividades que previenen o detectan las causas de las fallas o modos de fallas. En el desarrollo de controles es importante identificar lo que está mal, porque, y cómo prevenirlo o detectarlo. Los controles aplican al diseño del producto y procesos de manufactura. Los controles que se enfocan en la prevención son los que ofrecen un mayor retorno.

## Identificación y Evaluación de Riesgos

Uno de los pasos importantes en el proceso de AMEFs es la evaluación de riesgos. Esta es evaluada en tres formas, severidad, ocurrencia y detección:

**Severidad** es una evaluación del nivel de impacto de una falla en el cliente.
**Ocurrencia** es con qué frecuencia la causa de una falla puede ocurrir.
**Detección** es una evaluación de qué tan bien los controles del producto detectan las causas de las fallas o modos de fallas.

Las organizaciones necesitan entender los requerimientos de sus clientes para evaluaciones de riesgos.

## Acciones Recomendadas y Resultados

La intención de las acciones recomendadas es reducir el riesgo global y la probabilidad de que el modo de falla ocurra. Las acciones recomendadas abordan la reducción de la severidad, la ocurrencia y la detección.

Lo siguiente puede ser usado para asegurar que se tomen acciones apropiadas, incluyendo y sin limitarse a:

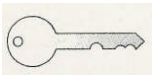
- Que se logre el aseguramiento de los requerimientos de diseño incluyendo confiabilidad,
- Revisión de dibujos y especificaciones de ingeniería,
- Confirmación de incorporaciones en los procesos de ensamble/manufactura, y
- Revisión de AMEFs relacionados, planes de control e instrucciones de operaciones.

Las responsabilidades y esquema de tiempo para completar acciones recomendadas debieran ser registrados.

Una vez que las acciones se completen y los resultados se capturen, debieran también registrarse los rangos de severidad, ocurrencia y detección actualizados.

Sólo para fines de entrenamiento

## Responsabilidades de la Administración



La administración (dirección) es el dueño del proceso de AMEFs. La administración tiene la responsabilidad final de seleccionar y aplicar recursos y asegurar un efectivo proceso de administración de riesgos incluyendo un esquema de tiempo.

Las responsabilidades de la administración también incluyen el ofrecimiento de su apoyo y soporte directo al equipo a través de revisiones continuas, eliminando barreras e incorporando lecciones aprendidas.

Sólo para fines de entrenamiento

# Capítulo III

## AMEFDs
## Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Diseños

Sólo para fines de entrenamiento

## Introducción

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Diseños, referido como AMEFDs, soporta el proceso de diseño en la reducción de riesgos de fallas:

- Ayudando en la evaluación objetiva del diseño, incluyendo requerimientos funcionales y alternativas rediseño mismo,
- Evaluando el diseño inicial para requerimientos de manufactura, ensamble, servicio y reciclado,
- Aumentando la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos en el sistema y la operación del vehiculo hayan sido considerados en el proceso de diseño/desarrollo,
- Ofreciendo información adicional para ayuda en la planeación de programas completos y eficientes de diseño, desarrollo y validación,
- Desarrollando una lista con rangos de los modos de fallas potenciales de acuerdo a sus efectos con los clientes, y por tanto estableciendo un sistema de prioridades para mejoramientos de diseño, desarrollo y pruebas/análisis de validaciones,
- Ofreciendo un formato repuntos clave abiertos para acciones recomendadas y rastreo de reducción de riesgos, y
- Ofreciendo una referencia futura (ej., lecciones aprendidas) como ayuda para abordar aspectos clave de campo, evaluar cambios de diseño y desarrollar diseños avanzados.

El AMEFD es un documento vivo y debiera:

- Ser iniciado antes de la finalización del concepto de diseño,
- Ser actualizado conforme ocurran cambios o se obtenga información adicional a través de las fases del desarrollo del producto,
- Estar fundamentalmente terminado antes de que se libre el diseño para producción, y
- Ser una fuente de lecciones aprendidas para iteraciones de diseños futuros

### Cliente Definido

La definición de “Cliente” ofrecida en el Capítulo II aplica para AMEFDs. Es importante identificar correctamente a los clientes debido a que tal conocimiento ofrecer dirección el desarrollo del AMEFD, incluyendo los impactos de la función del diseño.

Sólo para fines de entrenamiento

## Enfoque de Equipo

El AMEFD es desarrollado y mantenido por un equipo multidisciplinario (multifuncional) y típicamente dirigido por un ingeniero responsable del diseño y de la fuente responsable del diseño mismo (ej., OEM, proveedor nivel 1 o proveedor nivel 2 y posterior).

Se espera que el ingeniero responsable involucre en forma directa y activa a representantes de todas las áreas afectadas. Las áreas de experiencia y responsabilidad pueden incluir, aunque no limitarse a, ensamble, manufactura, diseño, análisis/pruebas, confiabilidad, materiales, calidad, servicio y proveedores, así como del área responsable del diseño para el ensamble o sistema, subsistema o componente posterior superior o anterior inferior.

## Consideraciones de Manufactura, Ensamble y Facilidad de Servicio

El AMEFD debiera incluir los modos de fallas potenciales y las causas que pudieran ocurrir durante el proceso de manufactura o ensamble. Tales modos de fallas pueden ser mitigados por cambios en el diseño (ej., una propiedad del diseño la cual prevenga a una parte de que sea ensamblada en la orientación equivocada-ej., a prueba de errores/fallas). Cuando no sean mitigadas durante el análisis del AMEFD (como se noten en los planes de acción para dicho ítem/punto), su identificación, efectos y controles debieran ser transferidos y cubiertos por el AMEFP.

El AMEFD no se confía en los controles del proceso para sobre ver debilidades potenciales del diseño, aunque si toma en consideración limitaciones técnicas y físicas del proceso de manufactura y ensamble, por ejemplo:

- Borradores de moldes necesarios
- Capacidad limitada de acabados de superficies
- Espacio para ensamble (ej., acceso para herramental)
- Capacidad de dureza de los aceros limitada
- Tolerancias/habilidades de los procesos/desempeños

El AMEFD puede también tomar en consideración las limitaciones físicas o técnicas de la facilidad del servicio y reciclado del producto una vez que el producto haya entrado en uso en campo, por ejemplo:

- Acceso a herramentales,
- Capacidad de diagnóstico,
- Símbolos para clasificación de materiales (para reciclado),
- Materiales/químicos usados en los procesos de manufactura

Sólo para fines de entrenamiento

# Desarrollo de un AMEF de Diseños

El AMEFD se enfoca en el diseño del producto que será liberado para el cliente final (Usuario Final) las tareas de prerrequisitos para un efectivo análisis del diseño de un producto incluyen: la integración de un equipo, la determinación del alcance, y la creación de diagramas de bloques o P graficando funciones y requerimientos del producto. Una definición clara y completa de las características deseables de producto facilita más la identificación de modos de fallas potenciales. Un formato de un AMEFD es usado para documentar los resultados del análisis incluyendo las acciones recomendadas y responsabilidades. (Ver Tabla III.I).

El proceso de AMEFDs puede ser mapeado hacia el proceso de desarrollo del producto del cliente o la organización.

## Prerrequisitos

Un AMEFD debiera iniciar con el desarrollo de información para entender el sistema, subsistema ó componente siendo analizado y definir sus características y requerimientos de funcionalidad.

A fin de determinar el alcance del AMEFD el equipo debiera considerar lo siguiente para AMEFs de sistemas, subsistemas o componentes y conforme aplique:

- ¿Qué procesos componentes anexados o sistemas están en interfase con el producto?
- ¿Existen funciones o propiedades del producto que afecten otros componentes o sistemas?
- ¿Existen entradas ofrecidas por otros componentes os sistemas que son necesarios para ejecutar las funciones esperadas del producto?
- ¿Las funciones del producto incluyen la prevención o detección del algún modo de falla posible en algún componente o sistema ligado/conectado?

Las secciones siguientes describen herramientas que pueden ser aplicadas, conforme sea apropiado, para apoyar al equipo en el desarrollo del AMEFD.

## Diagramas de Bloques (Fronteras)

El diagrama de bloques de un producto muestra las relaciones físicas y lógicas entre los componentes del producto mismo. Existen diferentes enfoques y formatos para la construcción de un diagrama de bloques.

El diagrama de bloques indica las interacciones de componentes y subsistemas dentro del alcance del diseño mismo. Estas interacciones pueden incluir: flujo de información, energía, fuerza o fluidos. El objetivo es entender los requerimientos o entradas al sistema, las actividades que están actuando en las entradas o función ejecutada y los enviables o salidas/resultados.

Sólo para fines de entrenamiento

El diagrama puede estar en forma de cuadros conectados por líneas, con cada cuadro correspondiente a su componente mayor del producto ó al paso mayor del proceso. Las líneas corresponden a la forma en como los componentes del producto están relacionados ó están en interfase unos con otros. La organización necesita decidir el mejor enfoque ó formato para los diagramas de bloques. Figura III.1a, b y c contienen ejemplos de diagramas de bloques.

Copias de diagramas usados en la preparación de AMEFDs debieran acompañar a los AMEFDs mismos.

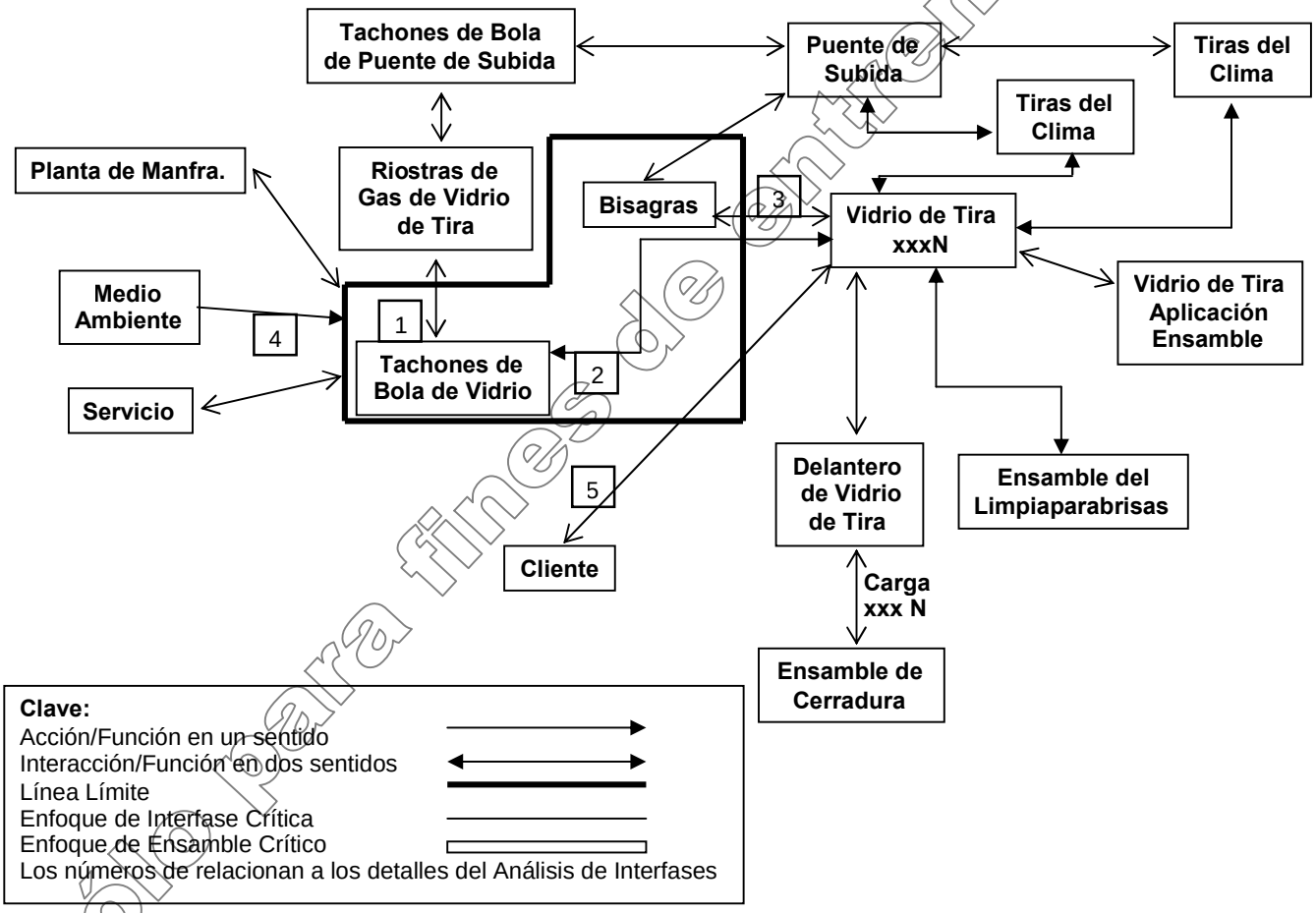



**Figura III.1a Ejemplos de Diagramas de Bloques (Fronteras)**

Solo para fines de entrenamiento

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEFS)
DIAGRAMA DE BLOQUES / EXTREMOS CON MEDIO AMBIENTE

NOMBRE DEL SISTEMA: LUZ INTERMITENTE:
AÑO PLATAFORMA DE VEHÍCULO: RODUCTON UEVO 20xx
NÚMERO DE ID DE AMEF: XX-XXI10D001

**EXTREMOS AMBIENTALES OPERACIONALES**

TEMPERATURA: -20 A 160 F CORROSIVO: CALENDARIO DE PRUEBA B VIBRACIÓN: NO APLICA
CHOQUE: CAIDA A 6 PIES MATERIAL EXTRAÑO: POLVO HUMEDAD: 0-100% RH
FLAMABILIDAD: (¿QUÉ COMPONENTE(S) ESTÁ(N) CERCA DE FUENTE(S) DE CALOR?)
OTROS:

LETRAS = COMPONENTES —— =SUJETADO/UNIDO ····· = EN INTERFACE / NO UNIDO [ ] = NO INCLUIDO EN ESTE AMEF
NÚMEROS = METODOS DE SUJECIÓN

NOTA: el ejemplo abajo es un diagrama de bloques relacional. Otros tipos de diagramas de bloques, esquemas, figuras, etc., pueden ser usados por el Equipo de AMEFs para clarificar los item(s) siendo considerados en sus análisis.




**COMPONENTES**
A. CUBIERTA
B. BATERÍA
C. SWITCH ON/OF
D. ENSAMBLE DE BULBO
E. PLATO
F. RESORTE

**MÉTODO DE SUJECIÓN**
1. AJUSTE DE DELIZAMIENTO
2. REMACHES
3. ROSCADO
4. AJUSTE PARA ROMPIMIENTO
5. AJUSTE DE COMPRESIÓN

Relaciones del Asiento a los Pedales de una Bicicleta




**Figura III.1b, c Ejemplos de Diagramas de Bloques (Fronteras)**

Sólo para fines de entrenamiento

## Diagramas de Parámetros (P)

El Diagrama P es una herramienta estructurada para ayudar al equipo a entender la física relacionada con las funciones del diseño. El equipo analiza las entradas (señales) esperadas y las salidas/resultados (respuestas ó funciones) para el diseño, así como aquellos factores controlados y no controlados los cuales impactan en el desempeño.

Las entradas y salidas/resultados del producto, ej., las funciones esperadas y no esperadas del producto son útiles en la identificación de los estados de error, factores de ruido y factores de control.

Los estados de error corresponden a los Modos de Fallas Potenciales en los AMEFDs.

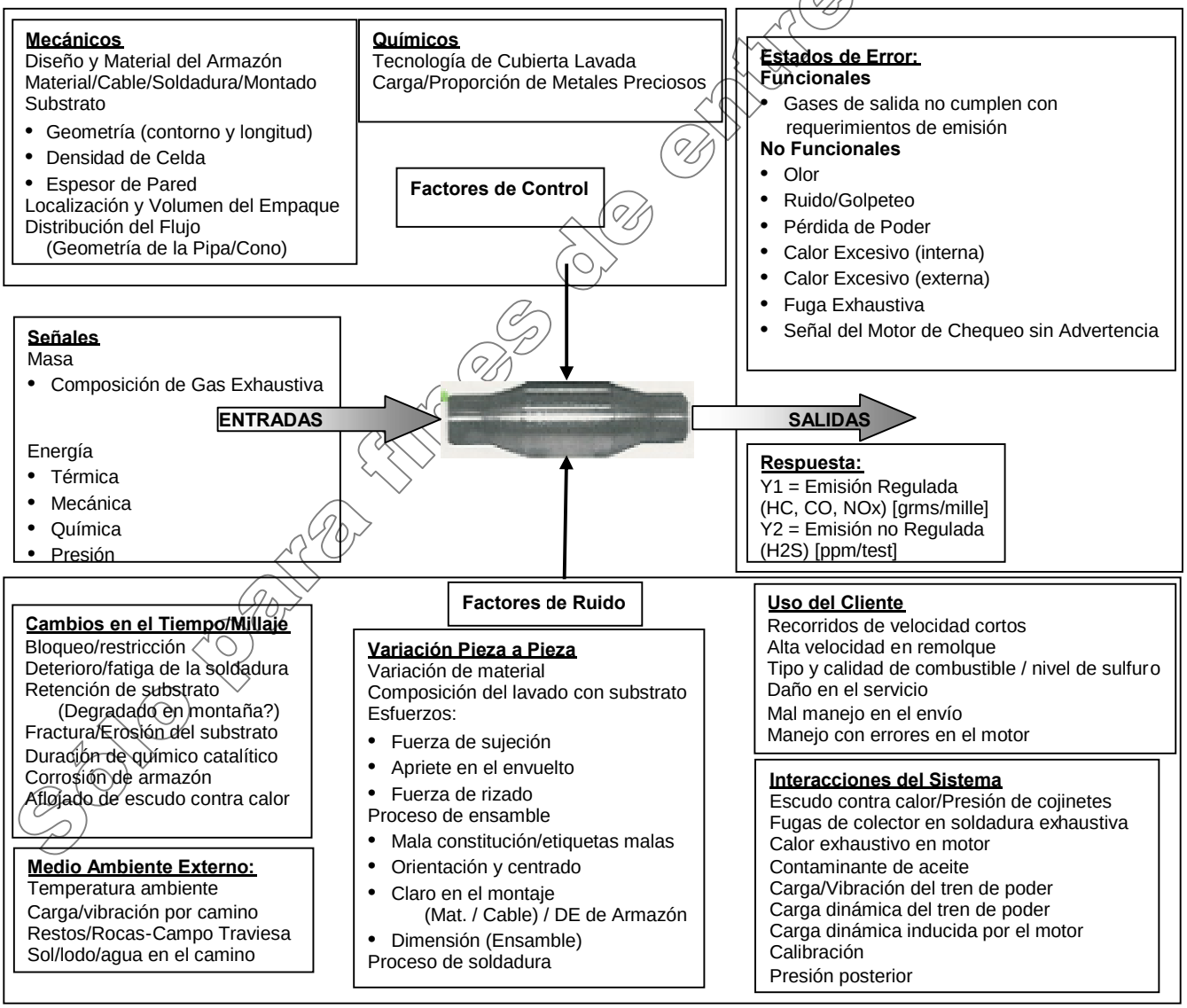



**Figura III.2 Ejemplos de un Diagrama de Parámetros (P) para un Convertidor Catalítico Genérico**

Sólo para fines de entrenamiento

## Requerimientos de Funcionalidad

Otro paso en el proceso de AMEFDs es la recopilación de los requerimientos de funcionalidad e interfaces del diseño. Esta lista puede incluir las siguientes categorías:

- Generalidades: Esta categoría considera el propósito del producto y su intención de diseño global
- Seguridad
- Regulaciones Gubernamentales
- Confiabilidad (Vida de la Función)
- Carga y Ciclos Debidos: Perfil de uso de producto por el cliente
- Operaciones Quietas: Ruido, Vibración, Aspereza (NVH)
- Retención de Fluidos
- Ergonomía
- Apariencia
- Empaque y Envío
- Servicio
- Diseño para Ensamble
- Diseño para Facilidad de Manufactura

## Otras Herramientas y Recursos de Información

Otras herramientas y recursos que pueden ayudar al equipo en entender y definir los requerimientos de diseño pueden incluir:

- Diagramas esquemáticos, dibujos, etc.
- Listas de Materiales (BOM)
- Matrices de Interrelaciones
- Matriz de Interfaces
- Despliegue de la Función de Calidad (QFD)
- Historia de la Calidad y Confiabilidad

El uso de estas herramientas, soportadas por experiencia de ingeniería e información histórica, pueden ayudar en definir un amplio conjunto de requerimientos y funciones.

Después de considerar estos prerrequisitos, inicia llenando el formato (Tabla III.1 adelante)

Sólo para fines de entrenamiento

**Página en blanco se deja intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página de

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**



Sólo para fines de entrenamiento

## Ejemplo de un AMEFD

El ejemplo usado con el formato muestra trata de un ensamble de Puerta Frontal. El producto tiene varios requerimientos funcionales:

- Permite el ingreso y salida del vehículo
- Ofrece protección al ocupante de
  - El clima (confort)
  - El ruido (confort)
  - El impacto lateral (seguridad)
- Soporta el anclaje para el hardware de la puerta incluyendo
  - El espejo
  - Las bisagras
  - La cerradura
  - El regulador de la ventana
- Ofrece una superficie propia para ítems/puntos de apariencia
  - La pintura
  - Un ajuste suave
- Mantiene integridad del panel interior de la puerta

El AMEFD final incluiría el análisis de todos estos requerimientos. El ejemplo incluye parte del análisis del requerimiento: “Mantiene integridad del panel interior de la puerta”.

## Encabezado del Formato de un AMEF de Diseño (campos A-H)

Lo siguiente describe la información a ser registrada en el formato.

El encabezado debiera identificar claramente el enfoque del AMEF así como la información relacionada con el desarrollo de los documentos y el proceso de control. Esto debiera incluir un número de AMEF, la identificación del alcance, las responsabilidades de diseño, las fechas de terminación, etc. El encabezado debiera contener los siguientes elementos [2]:

Sólo para fines de entrenamiento

[2] Las letras al final de cada encabezado indican el área referida en el formato muestra.

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br><br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125<br>0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado<br>0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable<br>0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores)<br>0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado<br>0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

### Número de AMEF *(A)*

Registrar la tira alfanumérica la cual es usada para identificar el documento del AMEF. Esta es usada para control de documentos.

### Número y Nombre de Sistema, Subsistema ó Componente *(B)*

Registrar el nombre y número del sistema, subsistema ó componente el cual está siendo analizado. (Ver sección titulada Define el Alcance).

### Responsabilidades de Diseño *(C)*

Registrar el FEO (OEM – Original Equipment Manufacturer), organización y departamento ó grupo quien es responsable del diseño. También registrar el nombre de la organización de suministros, si aplica.

### Programa(s)/Año(s) del Modelo *(D)*

Registrar el(los) año(s) de modelo y programa(s) que usarán ó serán afectados por el diseño siendo analizado (si se conocen).

### Fecha Clave *(E)*

Registrar la fecha inicial requerida del AMEF, la cual no debiera exceder de la fecha programada de liberación del diseño para producción.

### Fechas del AMEF *(F)*

Registrar la fecha en que el AMEFD original se completó y la última fecha de revisión.

### Equipo Central *(G)*

Registrar a los miembros del equipo responsables por el desarrollo del AMEFD. Información de contacto (ej., nombre, organización, no. de teléfono e Email) puede incluirse en un documento suplementario de referencia.

### Preparado Por *(H)*

Registrar el nombre e información de contacto incluyendo la organización (compañía) del ingeniero responsable de la preparación del AMEFD.

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema ____ ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO) Número de AMEF **A**

Subsistema ____ Página ____ de ____

Componentes **B** Responsabilidades de Diseño **C** Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D** Fecha Clave **E** Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funciona-miento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**





Sólo para fines de entrenamiento

## Cuerpo del Formato de un AMEFD (campos a – n)

El cuerpo del AMEF contiene el análisis de riesgos relacionados con fallas potenciales y acciones de mejoramiento a ser tomadas.[3]

**Item,Punto/Función/Requerimientos (a)**

El ítem/función puede ser separado en dos (ó más) columnas o combinado en una sola columna y enlazada la cual abarque estos elementos. Las interfaces (como "ítems/puntos" de análisis) pueden ser combinadas o separadas. Los componentes pueden ser listados en la columna de ítem/función, y puede agregarse una columna adicional conteniendo las funciones o requerimientos de dicho ítem. El "ítem/Punto", "Función" y "Requerimientos" son descritos adelante:

**Item,Punto (a1)**

Registrar los ítems/puntos, interfaces o partes las cuales hayan sido identificadas a través de los diagramas de bloques, diagramas P, diagramas esquemáticos y otros dibujos, y otros análisis conducidos por el equipo.

La terminología usada debiera ser consistente con los requerimientos de los clientes y con aquellos usados en otros documentos de desarrollo del diseño y en el análisis para asegurar rastreabilidad.

**Función (a1)**

Registrar la(s) función(es) del(los) ítem(s) o interfase(s) siendo analizados y los cuales es necesario para cumplir con la intención del diseño y en base a los requerimientos del cliente y las discusiones del equipo. Si el (los) ítem(s) ó interfases tiene más de una función con diferentes modos de fallas potenciales, se recomienda altamente que cada una de estas funciones y modos de falla asociados se listen por separado.

La función llega a ser a2 si el Ítem y Función se separan.

**Requerimientos (a2)**

Una columna adicional, "Requerimientos", puede ser agregada para refinar adicionalmente el análisis de los modos de fallas. Registrar los requerimientos para cada una de las funciones siendo analizadas (y en base a los requerimientos de los clientes) y a las discusiones del equipo; (ver también Capítulo II, Sección: Prerrequisitos). Si la función tiene más de un requerimiento con diferentes modos de fallas potenciales, se recomienda altamente que cada uno de los requerimientos y funciones sea listado por separado

El Requerimiento llega a ser a3 si el Ítem/Punto y Función se separan en columnas aparte, ej., a1 y a2.

[3] Las letras al final de cada encabezado indican el área referida en el formato muestra.

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funciona-miento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**





Sólo para fines de entrenamiento

### Modo de Falla Potencial *(b)*

El modo de la falla potencial es definido de la manera en como un componente, subsistema ó sistema podría fallar potencialmente para cumplir ó enviar la función esperada y descrita en la columna de item/artículo.

Identifica los modos de fallas potenciales asociados con la(s) función(es)/requerimiento(s). Los modos de fallas potenciales debieran estar descritos en términos técnicos, y no necesariamente como un síntoma a ser notado por el cliente.

Cada función puede contar con múltiples modos de fallas. Un largo número de modos de fallas identificado para una sola función puede indicar que el requerimiento no está bien definido.

Se hace el supuesto de que la falla podría ocurrir, pero que no necesariamente vaya a ocurrir, consecuentemente el uso de la palabra “potencial”.

Modos de fallas potenciales que pudieran ocurrir sólo bajo ciertas condiciones de operación (ej., caliente, frío, seco, con polvo, etc.) y bajo ciertas condiciones de uso (ej., millaje arriba del promedio, campo traviesa, sólo manejo en ciudad, etc.) debieran ser considerados.

Después de determinar todos los modos de fallas, puede hacerse una validación de lo completo del análisis a través de una revisión de cosas pasadas que han ocurrido mal, aspectos clave de preocupación, reportes y tormenta de ideas de grupo.

El modo de la falla potencial puede también ser la causa de un modo de falla potencial en un subsistema ó sistema de mayor nivel, ó dirigir a un efecto de un componente de menor nivel.

Ejemplos de modos de fallas, y como se relacionan con los diferentes requerimientos, son mostrados en la tabla III.3.

Sólo para fines de entrenamiento

| Item/Punto | Función | Requerimiento | Modo de Falla |
|---|---|---|---|
| Sistema de Freno de Disco | Paro del vehículo a necesidad/demanda (considerando condiciones ambientales tales como, mojado, seco, etc.) | Paro del vehículo viajando en pavimento de asfalto seco dentro de una distancia especificada y dentro de g`s de fuerza especificados | Vehículo no para |
| | | | Vehículo para con un exceso de distancia especificada |
| | | | Vehículo para con más de xx g´s de fuerza |
| | | Permite movimiento del vehículo no impedido con el sistema sin necesidad/demanda | Se activa sin necesidad/ demanda; El movimiento del vehículo es parcialmente impedido |
| | | | Se activa sin necesidad El vehículo no se puede mover |
| Rotor del Freno | Permite transferencia de fuerza de los pedales de freno hacia el eje | Debe liberar una resistencia especificada de torque en el eje | Insuficiente resistencia de torque liberada |

**Tabla III.3 Ejemplos de Modos de Fallas Potenciales**

Sólo para fines de entrenamiento

**Página en blanco se deja intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual | | | | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Controles de Prevención | Ocurrencia | Controles de Detección | Detección | | | | Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

## Efecto(s) Potencial(es) de Fallas (c)

Los efectos potenciales de fallas son definidos como los efectos de los modos de fallas en la función, como es percibido por el(los) cliente(s).

Describe los efectos de las fallas en términos de lo que el cliente puede notar ó experimentar, recordando que el cliente puede ser un cliente interno así como el Usuario Final último. Establece claramente si el modo de la falla podría impactar en la seguridad ó incumplimiento con regulaciones. Los efectos debieran ser establecidos siempre en términos de un sistema, subsistema ó componente específico siendo analizado. Recordar que existe una relación jerárquica entre los niveles de componentes, subsistema y sistemas [4] . Por ejemplo, una parte puede fracturarse, la cual puede causar que un ensamble vibre, resultando en una operación intermitente del sistema. La operación intermitente del sistema podría causar que el desempeño se degrade y finalmente lleve a una insatisfacción del cliente. La intención es predecir los efectos de fallas potenciales al nivel del conocimiento del equipo.

Efectos de fallas típicas debieran ser establecidos en términos del desempeño del producto ó sistema. La Tabla III.4 muestra ejemplos de efectos de los modos de fallas de la Tabla III.3.

| Item/Punto | | Modo de la Falla | Efecto |
|---|---|---|---|
| Sistema de Freno de Disco | | Vehículo no para | Control del vehículo irregular; Incumplimiento regulatorio |
| | | Vehículo para con exceso de distancia especificada | Control del vehículo irregular; Incumplimiento regulatorio |
| | | Vehículo para con más de xx g´s de fuerza | Incumplimiento regulatorio |
| | | Se activa sin necesidad/ demanda; Movimiento del vehículo es parcialmente impedido | Decrecimiento en la vida del cojinete; disminución en el control del vehículo |
| | | Se activa sin necesidad/ demanda Vehículo no puede moverse | Cliente no es capaz de manejar el vehículo |
| | | | |

**Tabla III.4 Ejemplos de Efectos Potenciales**

[4] Ver también Apéndice B.

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**





Solo para fines de entrenamiento

## Severidad (S) *(d)*

Severidad es el valor asociado con el más serio efecto para un modo de falla dado. La severidad es de un rango relativo dentro del alcance del AMEF individual.

### Criterios de Evaluación Sugeridos

El equipo debiera acordar en los criterios de evaluación y en el sistema de rangos y aplicarlos en forma consistente, aun si es modificado por análisis individuales de procesos. (Ver Tabla Cr1 abajo para lineamientos de criterios).

> No se recomienda modificar los criterios para valores de rangos de 9 y 10. Modos de fallas con un rango de severidad de 1 no debieran ser analizados posteriormente.

| Efecto | Criterios: Severidad del Efecto en el Producto (Efecto en el Cliente) | Rango |
|---|---|---|
| Falla en el Cumplimiento con Requerimientos de Seguridad y/o Regulatorios | Modo de falla potencial afecta a la operación segura del vehículo y/o involucra incumplimientos en regulaciones gubernamentales sin advertencia | 10 |
| | Modo de falla potencial afecta a la operación segura del vehículo y/o involucra incumplimientos en regulaciones gubernamentales con advertencia | 9 |
| Pérdida ó Degradamiento de alguna Función Primaria | Pérdida de alguna función primaria (vehículo inoperable, no afecta la operación segura del vehículo) | 8 |
| | Degradamiento de alguna función primaria (vehículo operable, pero con un nivel de desempeño reducido) | 7 |
| Pérdida ó Degradamiento de alguna Función Secundaria | Pérdida de alguna función secundaria (vehículo operable, pero algunas funciones de confort / conveniencia inoperables) | 6 |
| | Degradamiento de alguna función secundaria (vehículo operable, pero algunas funciones de confort / conveniencia con un nivel de desempeño reducido) | 5 |
| Incomodidad / Molestia | Apariencia ó Ruido Audible, vehículo operable, algún ítem no cumple y es notado por la mayoría de los clientes (> 75%) | 4 |
| | Apariencia ó Ruido Audible, vehículo operable, algún ítem no cumple y es notado por muchos clientes (50%) | 3 |
| | Apariencia ó Ruido Audible, vehículo operable, algún ítem no cumple y es notado por un mínimo de clientes (< 25%) | 2 |
| Sin efecto | Sin algún efecto discernible | 1 |

**Tabla Cr1 Criterios Sugeridos para Evaluación de la Severidad en AMEFDs**

Solo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

### Clasificación *(e)*

Esta columna puede ser usada para bosquejar modos de fallas de alta prioridad y sus causas asociadas.

Como resultado de este análisis, el equipo puede usar esta información para identificar características especiales.

Los requerimientos específicos de los clientes pueden identificar símbolos de características especiales del producto o proceso y su uso.

Una característica designada en los registros de diseño como especial y sin un modo de falla de diseño identificado y asociado en el AMEFD es una indicación de una debilidad en el proceso de diseño.

### Causa(s)/Mecanismo(s) de Modos de Fallas Potenciales *(f)*

Esta información puede separarse en columnas múltiples o combinadas dentro de una sola columna misma.

En el desarrollo de los AMEFs, la identificación de todas las causas potenciales del modo de falla es clave para análisis subsecuentes. Aunque técnicas variadas (tales como, tormenta de ideas) pueden usarse para determinar las causas potenciales de modos de fallas, se recomienda que el equipo debiera orientarse en el entendimiento del m*ecanismo de fallas* para cada modo de falla.

### Mecanismo(s) de Modos de Fallas Potenciales *(f1)*

Un mecanismo de falla es el proceso físico, químico, eléctrico, térmico u otro que resulta en un modo de falla. Es importante hacer la distinción de que un modo de falla es un efecto “observado” o “externo” como para no confundir un modo de falla con un mecanismo de falla, el fenómeno físico actual atrás del modo de falla o el proceso de degradamiento o cadena de eventos que lleva a o resultan en un modo de falla particular.

En un alcance posible, se lista cada mecanismo potencial para cada modo de falla. El mecanismo debiera listarse lo más concisa y completamente posible

Para un sistema, el mecanismo de falla es el proceso de propagación de error siguiendo una falla de un componente y el cual lleva a una falla del sistema.

Un producto o proceso puede tener diferentes modos de fallas y los cuales estén correlacionados uno con otro debido a un mecanismo de falla común a tras de estos.

Asegura que los efectos el proceso sean considerados como parte del proceso de AMEFDs.

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página de

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual | | | | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Controles de Prevención | Ocurrencia | Controles de Detección | Detección | | | | Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

## Causa(s) Potencial(es) de Modo(s) de Falla(s) *(f2)*

La causa potencial de una falla es definida como una indicación de cómo el proceso de diseño pudiera permitir que una falla ocurra, y descrita en términos de algo que pudiera ser corregido o controlado. La causa potencial de una falla pudiera ser una indicación de una debilidad del diseño, y la cual es como consecuencia un modo de falla.

Las causas son circunstancias que inducen o activan un mecanismo de una falla.

En la identificación de causas potenciales de fallas, se usan descripciones concisas de causas de fallas específicas, ej., acabado metálico del perno especificado que permite un atrapamiento de hidrógeno. Frases ambiguas tales como, diseño pobre o diseño impropio no debieran ser usadas.

La investigación de causas necesita enfocarse en modos de fallas y no en efectos. En la determinación de las causas, el equipo debiera asumir la existencia de las causas bajo discusión como resultado de los modos de fallas (ej., el modo de falla no requiere que ocurran causas múltiples).

Típicamente, puede haber diferentes causas y cada una de las cuales puede resultar en el modo de falla. Esto resulta en líneas múltiples (ramas de causas) para el modo de falla.

En un alcance posible, se lista cada causa potencial para cada modo de falla/mecanismo de falla. La causa debiera ser listada de la forma más concisa y completa. Separando las cusas puede resultar en un análisis enfocado para cada causa y puede producir diferentes mediciones, controles, y planes de acción.

La Tabla III.5 muestra ejemplos de causas para los modos de fallas de la Tabla III.3. Aunque no se requieren como parte de los elementos mínimos del formato de AMEF, la Tabla incluye el mecanismo de la falla para mostrar las relaciones entre el modo de la falla, el mecanismo de la falla y la causa.

En la preparación del AMEFD se asume que el diseño será manufacturado y ensamblado bajo la intención del diseño mismo. Puede hacerse excepciones y a discreción del equipo donde datos históricos indiquen deficiencias en el proceso de manufactura.

Sólo para fines de entrenamiento

| Modo de Falla | Mecanismo | Causa |
|---|---|---|
| Vehículo no para | Sin transferencia de fuerza del pedal a los cojinetes | Falla de enlace mecánico debida a una inadecuada protección de corrosión |
| | | Seguro de vacío de cilindro master debido a diseño del sello |
| | | Pérdida de fluido hidráulico de una línea hidráulica floja debida a una especificación de torque de conector incorrecta |
| | | Pérdida de fluido hidráulico debida a líneas hidráulicas rizadas/comprimidas, material de tubo especificado en forma inapropiada |
| Vehículo para con un exceso de yy pies | Transferencia de fuerza reducida del pedal a los cojinetes | Juntas de enlace mecánico rígidas debido a una especificación de lubricación inapropiada |
| | | Juntas de enlace mecánico corroídas debido a una protección contra corrosión inadecuada |
| | | Pérdida parcial de fluido hidráulico debida a líneas hidráulicas rizadas, material de tubo especificado en forma inapropiada |
| Vehículo para con más de xx g´s de fuerza | Excesiva/rápida transferencia de fuerza del pedal a los cojinetes | Creación de presión acumulada en cilindro master debida al diseño del sello |
| Activado sin necesidad/ demanda; Movimiento del vehículo es impedido | Cojinetes no liberan | Creación de corrosión ó depósito en rieles u orejas de los cojinetes debido al acabado de la superficie que no está promoviendo una adecuada autolimpieza y protección contra corrosión |
| Activado sin necesidad/ demanda Vehículo no puede moverse | Presión hidráulica no libera | Seguro de vacío de cilindro master debido a diseño del sello |
| | | |

**Tabla III.5 Ejemplos de Causas Potenciales**

Sólo para fines de entrenamiento

**Página en blanco se deja intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página de

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

## Ocurrencia (O) *(g)*

Ocurrencia es la probabilidad de que una causa/mecanismo específico ocurra, resultando en un modo de falla dentro de la vida del diseño.

La probabilidad de un número de rango de ocurrencia tiene un significado relativo más que un valor absoluto (Ver Tabla Cr2).

Un sistema de rangos de ocurrencia consistente debiera ser usado para asegurar continuidad. El número de ocurrencia es un rango relativo dentro del alcance del AMEF y puede no reflejar la probabilidad de ocurrencia actual.

### Criterios de Evaluación Sugeridos

El equipo debiera acordar los criterios de evaluación y un sistema de rangos y aplicarlos de forma consistente, aun y cuando se modifique por un análisis individual de algún proceso. La ocurrencia debiera ser estimada usando la escala 1 a 10 y usando la Tabla Cr2 como una guía con lineamientos.

En la determinación de este estimativo, preguntas tales como las siguientes debieran ser consideradas:

- ¿Cuál es la historia del servicio y la experiencia de campo con componentes, subsistemas y sistemas similares?
- ¿Es el item/artículo un sobrante/reserva ó similar a un item/ artículo de nivel previo?
- ¿Qué tan significativos son los cambios a partir de un item/ artículo de nivel previo?
- ¿El item/artículo es radicalmente diferente de un item/artículo de nivel previo?
- ¿El item/artículo es completamente nuevo?
- ¿Cuál es la aplicación ó cuáles son los cambios ambientales?
- ¿Se ha usado algún análisis de ingeniería (ej., confiabilidad) para estimar la proporción de ocurrencia comparable y esperada para la aplicación?
- ¿Se han puesto en piso controles preventivos?

Sólo para fines de entrenamiento

| Probabilidad de Falla | Criterios: Ocurrencia de la Causa – AMEFDs<br><br>(Vida/Confiabilidad del diseño del item/ vehículo) | | Criterios: Ocurrencia de la Causa – AMEFDs<br><br>(Incidentes por ítems/vehículos) | Rango |
|---|---|---|---|---|
| Muy Alta | Nueva tecnología/nuevo diseño sin historia. | | ≥ 100 por mil<br>≥ 1 en 10 | 10 |
| Alta | Falla es inevitable con el nuevo diseño, nueva aplicación ó cambio en las condiciones de operación/ciclos debidos. | | 50 por mil<br>1 en 20 | 9 |
| | Falla es probable con el nuevo diseño, nueva aplicación ó cambio en las condiciones de operación/ciclos debidos. | | 20 por mil<br>1 en 50 | 8 |
| | Falla es incierta con el nuevo diseño, nueva aplicación ó cambio en las condiciones de operación/ciclos debidos. | | 10 por mil<br>1 en 100 | 7 |
| Moderada | Fallas frecuentes asociadas con diseños similares ó en simulaciones y pruebas de diseños | | 2 por mil<br>1 en 500 | 6 |
| | Fallas ocasionales asociadas con diseños similares ó en simulaciones y pruebas de diseños | | .5 por mil<br>1 en 2,000 | 5 |
| | Fallas aisladas asociadas con diseños similares ó en simulaciones y pruebas de diseños | | .1 por mil<br>1 en 10,000 | 4 |
| Baja | Sólo fallas aisladas asociadas con diseños casi idénticos ó en simulaciones y pruebas de diseños | | .01 por mil<br>1 en 100,000 | 3 |
| | No se observan fallas asociadas con diseños casi idénticos ó en simulaciones y pruebas de diseños | | ≤ .001 por mil<br>1 en 1,000,000 | 2 |
| Muy Baja | La falla es eliminada a través de controles preventivos | | La falla es eliminada a través de controles preventivos | 1 |

**Tabla Cr2 Criterios Sugeridos para Evaluación de Ocurrencia en AMEFDs**

Sólo para fines de entrenamiento

**Página en blanco se deja intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

## Controles de Diseño Actuales *(h)*

Controles de Diseño Actuales son aquellas actividades conducidas como parte del proceso de diseño y que se han completado ó comprometido y que asegurarán la adecuación del diseño para la funcionalidad del diseño mismo y los requerimientos de confiabilidad bajo consideración.

Existen dos tipos de controles de diseño a considerar:

### Prevención

Eliminan (previenen) las causas de los mecanismos de fallas ó los modos de fallas de que ocurran, ó reducen su proporción de ocurrencia.

### Detección

Identifican (detectan) la existencia de una causa, el resultante mecanismo de la falla ó el modo de la falla, ya sea métodos analíticos ó físicos, antes de que el item/punto sea liberado para producción.

El enfoque preferido es primero usar controles de prevención, si es posible. Los rangos de ocurrencia iniciales serán afectados por los controles de prevención siempre y cuando estos estén integrados como parte de la intención del diseño.

Los controles de detección debieran incluir la identificación de aquellas actividades las cuales detecten el modo de la falla así como aquellos que detecten las causas.

El equipo debiera considerar análisis, pruebas, revisiones y otras actividades que aseguren la adecuación del diseño tales como,:

### Controles de Prevención

- Estudios de comparaciones competitivas
- Diseños seguros contra fallas
- Estándares/normas (internos y externos) de Diseños y Materiales
- Documentación – registros de mejores prácticas, lecciones aprendidas, etc. de diseños similares
- Estudios de simulaciones – análisis de conceptos para establecer los requerimientos de diseño
- A prueba de errores/fallas

### Controles de Detección

- Revisiones de diseños
- Pruebas de prototipos
- Pruebas de validaciones
- Estudios de simulaciones – validaciones de diseños
- Diseños de Experimentos; incluyendo pruebas de confiabilidad
- Modelos a escala/maquetas usando partes similares

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

Sistema

Subsistema

Componentes **B**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Equipo Central **G**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Responsabilidades de Diseño **C**

Fecha Clave **E**

Número de AMEF **A**

Página de

Preparado por: **H**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

El Formato ejemplo para AMEFs de Diseños en este manual tiene dos columnas para controles de diseños (ej., columnas separadas para Controles de Prevención y Controles de Detección) para apoyar al equipo en distinguir claramente entre estos dos tipos de controles de diseños. Esto permite una rápida determinación visual de que ambos tipos de controles de diseños han sido considerados.

Si se usa una columna (para controles de diseños) entonces debieran usarse los siguientes prefijos. Para controles de prevención, colocar una “P” antes de cada control de prevención listado. Para controles de detección, colocar una “D” antes de cada control de detección listado.

La prevención de causas de modos de fallas a través de un cambio de diseño ó un cambio en el proceso de diseño es la única forma en que puede efectuarse una reducción en el rango de ocurrencia.

La Tabla III.6 muestra ejemplos de controles de prevención y detección para las causas identificadas en la Tabla III.5.

| Modo de la Falla | Causa | Controles de Prevención | Controles de Detección |
|---|---|---|---|
| Vehículo no para | Falla mecánica debida a una inadecuada protección en la corrosión | Diseñado en base a norma de material MS-845 | Prueba de stress ambiental 03-9963 |
| | Seguro de vacío de cilindro master debido al diseño del sello | Diseño de carga con los mismos requerimientos de ciclo debidos | Prueba de variabilidad de presión – nivel del sistema |
| | Pérdida de fluido hidráulico de una línea hidráulica floja debida a una especificación de torque del conector incorrecta | Diseñado en base a requerimientos de torque 3993 | Paso de vibración – prueba de stress 18-1950 |
| | Pérdida de fluido hidráulico debida a líneas hidráulicas rizadas/ comprimidas, material de tubo especificado en forma inapropiada | Diseñado en base a norma de material MS-1178 | Diseño de Experimentos (DOE) – elasticidad del tubo |
| | | | |

**Tabla III.6 Ejemplos de Controles de Diseño para Prevención y Detección**

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

## Detección (D) *(i)*

Detección es el rango asociado con el mejor control de detección *listado en la columna de Controles de Detección del Diseño Actuales*. Cuando se identifique más de un control, se recomienda que el rango de detección de cada control sea incluido como parte de la descripción del control mismo. Registra el valor de rango más bajo en la columna de Detección.

Un enfoque sugerido para la Detección de Controles de Diseño Actuales es asumir que la falla ha ocurrido y entonces estimar las capacidades de los controles de diseño actuales para detectar este modo de falla.

No asumir en forma automática que el rango de detección es bajo porque la ocurrencia es baja. Es importante evaluar la capacidad de los controles de diseño para detectar modos de fallas de baja frecuencia ó reducir el riesgo de estos de que vayan más allá en el proceso de liberación del diseño.

La detección es de un rango relativo dentro del alcance del AMEF individual. A fin de lograr un rango inferior, generalmente los controles de diseño (actividades de análisis y verificación) tienen que mejorarse.

### Criterios de Evaluación Sugeridos

El equipo debiera acordar en los criterios de evaluación y en un sistema de rangos y aplicarlos de forma consistente, aun si se modifican para un análisis individual de algún proceso. La detección debiera ser estimada usando la Tabla Cr3 como una guía con lineamientos.

> El rango de valor uno (1) es reservado para la prevención de fallas a través de soluciones de diseño probadas.

Sólo para fines de entrenamiento

| Oportunidad para Detección | Criterios: Probabilidad de Detección por Controles de Diseño | Rango | Probabilidad de Detección |
|---|---|---|---|
| Oportunidad de No Detección | Sin control de diseño actual; No Puede detectarse ó no es analizado. | **10** | **Casi Imposible** |
| Sin probabilidad de detección en ninguna etapa | Controles de análisis/detección del diseño cuentan con un capacidad de detección débil; Análisis Virtuales (ej., CAE, FEA, etc.) **no están correlacionados** con las condiciones de operación actuales esperadas. | **9** | **Muy Remota** |
| Congelamiento posterior al Diseño y previo al lanzamiento | Verificación/Validación del producto después de un congelamiento del diseño y previo al lanzamiento con pruebas **pasa/falla** (Pruebas del sistema y subsistemas con criterios de aceptación tales como, conducción y manejo, evaluación de envío, etc.). | **8** | **Remota** |
| | Verificación/Validación del producto después de un congelamiento del diseño y previo al lanzamiento con pruebas **para fallas** (pruebas del sistema y subsistemas hasta que una falla ocurre, pruebas de las interacciones del sistema, etc.). | **7** | **Muy Baja** |
| | Verificación/Validación del producto después de un congelamiento del diseño y previo al lanzamiento con pruebas de **degradamiento** (pruebas del sistema y subsistemas después de pruebas de durabilidad, ej., chequeo de funcionamiento). | **6** | **Baja** |
| Congelamiento previo al Diseño | Validación del producto (pruebas de confiabilidad, pruebas de desarrollo ó validación) previo al congelamiento del diseño usando pruebas **pasa/falla** (ej., hasta que fuga, rendimientos, grietas, etc.). | **5** | **Moderada** |
| | Validación del producto (pruebas de confiabilidad, pruebas de desarrollo ó validación) previo al congelamiento del diseño usando pruebas **para fallas** (ej., criterios de aceptación para desempeño, chequeos de funcionamiento, etc.). | **4** | **Moderadamente alta** |
| | Validación del producto (pruebas de confiabilidad, pruebas de desarrollo ó validación) previo al congelamiento del diseño usando pruebas de **degradamiento** (ej., tendencias de datos, valores antes/después, etc.). | **3** | **Alta** |
| Análisis Virtual - Correlacionado | Controles de análisis/detección del diseño cuentan con una fuerte capacidad de detección. Análisis Virtuales (ej., CAE, FEA, etc.) **están altamente correlacionados** con las condiciones de operación actuales ó esperadas previo al congelamiento del diseño | **2** | **Muy Alta** |
| Detección no aplica; Prevención de Fallas | Causas de fallas ó modos de fallas no pueden ocurrir porque está totalmente prevenido a través de soluciones de diseño (ej., estándar de diseño probado, mejores prácticas ó material común, etc.). | **1** | **Casi Cierta** |

**Tabla Cr3 Criterios Sugeridos para Evaluación de Prevención/Detección en AMEFDs/AMEFPs**

Sólo para fines de entrenamiento

**Página en blanco se deja intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

## Determinación de Prioridades para Acciones

Una vez que el equipo ha completado la identificación inicial de los modos de fallas y efectos, causas y controles, incluyendo rangos para severidad, ocurrencia y detección, el equipo mismo debe decidir si son necesarios esfuerzos adicionales para reducir los riesgos. Debido a las limitaciones inherentes en recursos, tiempo, tecnología y otros factores, el equipo debe seleccionar como priorizar mejor estos esfuerzos.

El enfoque inicial del equipo debiera orientarse a modos de fallas con los más altos rangos de severidad. Cuando la severidad es de 9 ó 10, es imperativo que el equipo deba asegurar que se aborden los riesgos a través de controles de diseño existentes ó acciones recomendadas (como se documenten en el AMEF).

Para modos de fallas con severidades de 8 ó menores el equipo debiera considerar causas que tengan los más altos rangos de ocurrencia ó detección. Es responsabilidad del equipo ver la información identificada, decidir por un enfoque y determinar como priorizar mejor los esfuerzos de reducción de riesgos que mejor sirvan a su organización y clientes.

## Evaluación de Riesgos; Número de Prioridad en Riesgos (NPR) *(j)*

Un enfoque para apoyar en la priorización de acciones ha sido usar el Número de Prioridad en Riesgos:

NPR = Severidad (S) x Ocurrencia (O) x Detección (D)

Dentro del alcance del AMEF individual, este valor puede tener un rango de 1 a 1,000.

***El uso de un umbral para NPR <u>NO</u> se recomienda como una práctica para determinar la necesidad de acciones***

La aplicación del umbral asume que los NPRs son una medida de riesgo relativa (las cuales a menudo no lo son) y que el mejoramiento continuo no se requiere (el cual sí).

Por ejemplo, si el cliente aplicó un umbral arbitrario de 100 a lo siguiente, el proveedor requeriría tomar acciones en la característica B con el NPR de 112.

| Item/Artículo | Severidad | Ocurrencia | Detección | RPN |
|---|---|---|---|---|
| A | 9 | 2 | 5 | 90 |
| B | 7 | 4 | 4 | 112 |

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**





Solo para fines de entrenamiento

En este ejemplo, el NPR es más alto para la característica B, aunque la prioridad debiera ser trabajar con A con una severidad más alta de 9, aunque el NPR es de 90 y el cual es inferior y más bajo que el umbral.

Otro aspecto de preocupación en el uso del enfoque del umbral es no hay un valor específico de NPR que requiera acciones mandatarias.

Desafortunadamente, el establecimiento de tales umbrales puede promover un comportamiento equivocado causando que los miembros del equipo inviertan tiempo tratando de justificar un valor de rango bajo de ocurrencia ó detección para reducir el NPR. Este tipo de comportamiento evita el abordar el problema real que sustenta las causas del modo de la falla y solamente mantiene al NPR debajo de un umbral. Es importante reconocer que mientras se determinen riesgos "aceptables" en alguna etapa clave de un programa particular (ej., lanzamiento de un vehículo) es deseable, debiera basarse en un análisis de severidad, ocurrencia y detección y no a través de la aplicación de umbrales de NPRs.

El uso del NPR en las discusiones del equipo pueden ser una herramienta útil. Las limitaciones del uso del NPR necesitan ser entendidas. Sin embargo, el uso de umbrales de NPRs para determinar prioridades en acciones no se recomienda

### Acciones Recomendadas *(k)*

En general, las acciones de prevención (ej., reduciendo la ocurrencia) se prefieren a las acciones de detección. U ejemplo de esto es el uso de un estándar de diseño probado ó una mejor práctica más que la verificación/validación del producto después de un congelamiento del diseño.

La intención de las acciones recomendadas es mejorar el diseño. Identificando estas acciones se debiera considerar el reducir los rangos en el siguiente orden: severidad, ocurrencia y detección. Enfoques de ejemplo para reducir estos se explican adelante:

- ***Para Reducir el Rango de Severidad (S):*** Sólo una revisión de diseño puede llevarnos a una reducción del rango de severidad.

Los rangos de alta severidad pueden algunas veces ser reducidos haciendo revisiones de diseños que compensen ó mitiguen la severidad resultante de la falla. Por ejemplo: El requerimiento para una llanta es "retener la presión de aire aplicado bajo uso". La severidad del efecto del modo de la falla "rápida pérdida de presión de aire" bajaría para una llanta "de corrida en plano".

Un cambio de diseño, dentro ó por sí mismo, no implica que la severidad se reduzca. Cualquier cambio de diseño debiera ser revisado por el equipo para determinar el efecto en la funcionalidad del producto y el proceso.

Sólo para fines de entendimiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página _____ de _____

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**





Solo para fines de entrenamiento

Para una máxima efectividad y eficiencia de este enfoque, los cambios al diseño del producto y el proceso debieran ser implementados inicial y anticipadamente en el proceso de desarrollo. Por ejemplo, materiales alternativos pueden necesitarse ser considerados al principio en el ciclo de desarrollo para eliminar la severidad de la corrosión.

- ***Para Reducir el Rango de Ocurrencia (O)***: Una reducción en el rango de ocurrencia puede ser efectuado retirando ó controlando una ó más de las causas ó mecanismos de los modos de fallas a través de revisiones de diseños. Acciones tales como, aunque no se limitan a, lo siguiente debieran ser consideradas:
  - Hacer a prueba de errores/fallas el diseño para eliminar el modo de la falla
  - La geometría y tolerancias del diseño revisados
  - El diseño revisado para bajar el stress (esfuerzo) ó reemplazar componentes débiles (alta probabilidad de falla)
  - Agregar redundancias
  - Especificaciones de materiales revisadas

- ***Para Reducir el Rango de Detección (D)***: El método preferido es el uso de a prueba de errores/fallas. Un incremento en acciones de validación/verificación del diseño debiera resultar en una reducción del rango de detección solamente. En algunos casos, un cambio de diseño a una parte específica puede ser requerido para incrementar la probabilidad de detección (ej., reducir el rango de detección). Adicionalmente, lo siguiente debiera ser considerado:
  - Diseños de Experimentos (particularmente cuando causas múltiples ó interactivas del modo de la falla están presentes)
  - Plan de pruebas revisado

Si la evaluación conduce a acciones recomendadas para una combinación específica de modo de falla/causa/control, indicar esto registrando “Ninguno” en esta columna. Puede ser útil también incluir un razonamiento si “Ninguno” es registrado, especialmente en el caso de una alta severidad.

Para acciones de diseño considerar lo siguiente:

- Resultados de DOEs de un diseño ó pruebas de confiabilidad
- Análisis de diseños (confiabilidad, estructura ó física de la falla) que confirme que la solución es efectiva y no introduce nuevos modos de fallas potenciales
- Dibujos, diagramas esquemáticos ó modelos para confirmar el cambio físico de una propiedad meta
- Resultados de una revisión de diseño
- Cambios a un Estándar/Norma de Ingeniería ó Lineamientos de Diseño dados
- Resultados de análisis de confiabilidad

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF **A**

Subsistema

Página de

Componentes **B**

Responsabilidades de Diseño **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puerta Delantera Izquierda H8HX-0000-A | Mantener integridad en panel Interior de la puerta | Brecha de integridad permite acceso del medio ambiente en panel interior de la puerta | Paneles de puerta en parte interior e inferior corridas<br>Vida de la puerta deteriorada, llevando a:<br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de la puerta | 5 | | La aplicación de grasa protectora en orilla superior especificada para los paneles interiores de puertas es muy baja | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | En base a resultados de pruebas (Prueba No. 1481) la especificación de la orilla superior sube en 125 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Espesor de grasa especificada insuficiente | Requerimientos de diseño (#31268) y mejores prácticas (BP 3455) | 3 | Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 105 | Prueba de corrosión acelerada del laboratorio | A. Tate Ingeniería de cuerpos 0X 09 03 | Resultados de pruebas (Prueba No. 1481) muestran que el espesor especificado es el adecuado 0X 09 30 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | | | | | | | Diseño de experimentos (DOE) en espesor de grasa | J. Smythe Ingeniería de cuerpos 0X 10 18 | DOE muestra que una variación del 25% en espesor especificado es aceptable 0X 10 25 | 5 | 2 | 3 | 30 |
| | | | | | | Formulación de grasa especificada inapropiada | Norma/Estándar Industrial MS-1893 | 2 | Reporte – Pruebas del lab. físico y químico Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 5 | 50 | Ninguna | | | | | | |
| | | | | | | Diseño de la esquina previene que el equipo de espreado alcance todas las áreas | | 5 | Ayuda de diseño con cabeza de espreado sin funcionar (8) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 7 | 175 | Evaluación del equipo usando equipo de espreado de producción y grasa especificada | T. Edwards Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | En base a la prueba: 3 orificios de ventilación dispuestos en áreas afectadas (a prueba de errores) 0X 12 15 | 5 | 1 | 1 | 5 |
| | | | | | | Insuficiente espacio entre paneles para acceso de cabeza de espreado | | 4 | Evaluación de dibujo de acceso de cabeza de espreado (4) Prueba de durabilidad del vehículo T-118 (7) | 4 | 80 | Evaluación del equipo usando tope de ayuda para diseño y cabeza de espreado | Ingeniería de cuerpos y operaciones de ensamble 0X 11 15 | Evaluación mostró un acceso adecuado 0X 12 15 | 5 | 2 | 4 | 40 |
| 1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Solo para fines de entrenamiento

**Tabla III.1 Formato Muestra de AMEFDs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

La Tabla III.7 adelante ofrece un ejemplo de la aplicación de causas (Columna f), controles (Columna h) y acciones recomendadas (Columna k).

### Responsabilidades & Fechas Meta de Terminación *(l)*

Registra el nombre del individuo y organización responsable de completar cada acción recomendada incluyendo la fecha meta de terminación. El ingeniero responsable del diseño/líder de equipo es responsable de asegurar que todas las acciones recomendadas hayan sido implementadas ó adecuadamente abordadas.

### Resultados de Acciones *(m-n)*

Esta sección identifica los resultados de cualquier acción terminada y sus efectos en los rangos de S, O, D y en el NPR.

### Accion(es) Tomada(s) y Fecha de Terminación *(m)*

Después de que la acción ha sido implementada, registrar una breve descripción de la acción tomada y la fecha de terminación actual.

### Severidad, Ocurrencia, Detección y NPR *(n)*

Después de que la acción preventiva/correctiva ha sido terminada, determina y registra los rangos de severidad, ocurrencia y detección resultantes.

Calcula y registra el indicador resultante para prioridades (riesgos) de acciones (ej., NPR).

Todos los rangos revisados debieran ser evaluados. Las acciones per se no garantizan que el problema se haya resuelto (ej., causas abordadas), por tanto debiera completarse un análisis ó prueba apropiados como verificación. Si se consideran necesarias acciones adicionales, repetir el análisis. El enfoque debiera ser siempre en la mejora continua.

Sólo para fines de entrenamiento

| Item / Punto | | Modo de Falla | Causa | Controles de Prevención | Controles de Detección | Acciones Recomendadas |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sistema de freno de discos | | Vehículo no para | Falla en la conexión mecánica debido a una inadecuada protección contra corrosión | Diseñado en base a estándar de material MS-845 | Prueba de stress ambiental 03-9963 | Cambio de material a acero inoxidable |
| | | | Seguro de vacío de cilindro master debido al diseño en el sello | Diseño desplazado con los mismos requerimientos de ciclo debidos | Prueba de variabilidad de la presión – nivel del sistema | Uso de un diseño de sello desplazado |
| | | | Pérdida de fluido hidráulico de una línea hidráulica floja debido a una incorrecta especificación de torque del conector | Diseñado en base a requerimientos de torque - 3993 | Prueba de stress – paso de vibración 18-1950 | Modificar el conector de estilo de perno/cerrojo a conector rápido |
| | | | Pérdida de fluido hidráulico debido a líneas hidráulicas rizadas/ comprimidas, inapropiado material del tubo especificado | Diseñado en base a estándar de material MS-1178 | DOE – elasticidad del tubo | Modificar el diseño de la manguera de MS-1178 a MS-2025 para incrementar su resistencias |
| | | | | | | |

**Tabla III.7 Ejemplos de Causas, Controles y Acciones Recomendadas**

## Mantenimiento de AMEFDs

El AMEFD es un documento vivo y debiera ser revisado cuando haya un cambio de diseño del producto y se actualice, conforme se requiera. Actualizaciones en acciones recomendadas debieran incluirse en un AMEFD subsecuente junto con los resultados finales (lo que funcionó y lo que no funcionó).

Otro elemento de mantenimiento continuo de los AMEFDs debiera incluir una revisión periódica de los rangos usados en los AMEFDs. Un enfoque específico debiera darse a los rangos de Ocurrencia y Detección. Esto es particularmente cuando se han hecho mejoramientos ya sea a través de cambios del producto ó mejoramientos en los controles de diseño. Adicionalmente, en casos donde aspectos clave de campo hayan ocurrido, los rangos debieran conjuntamente ser revisados.

Sólo para fines de entrenamiento

## Apalancamiento de AMEFDs

Si un nuevo proyecto ó aplicación es funcionalmente similar al producto existente, puede usarse un solo AMEFD con el acuerdo del cliente. Usando fundamentalmente un sensato AMEFD como base y como punto de partida ofrece la mayor oportunidad de apalancar la experiencia y conocimientos pasados. Si existen diferencias leves, el equipo debiera identificar y enfocarse en los efectos de estas diferencias.

## Conexiones

El AMEFD no es un documento "por sí sólo". Por ejemplo, los resultados/salidas del AMEFD pueden ser usados como entradas para procesos de desarrollo del producto posteriores. Es un resumen de las discusiones y análisis del equipo. La Figura III.7 muestra las conexiones y enlaces de algunos de los documentos comúnmente usados.

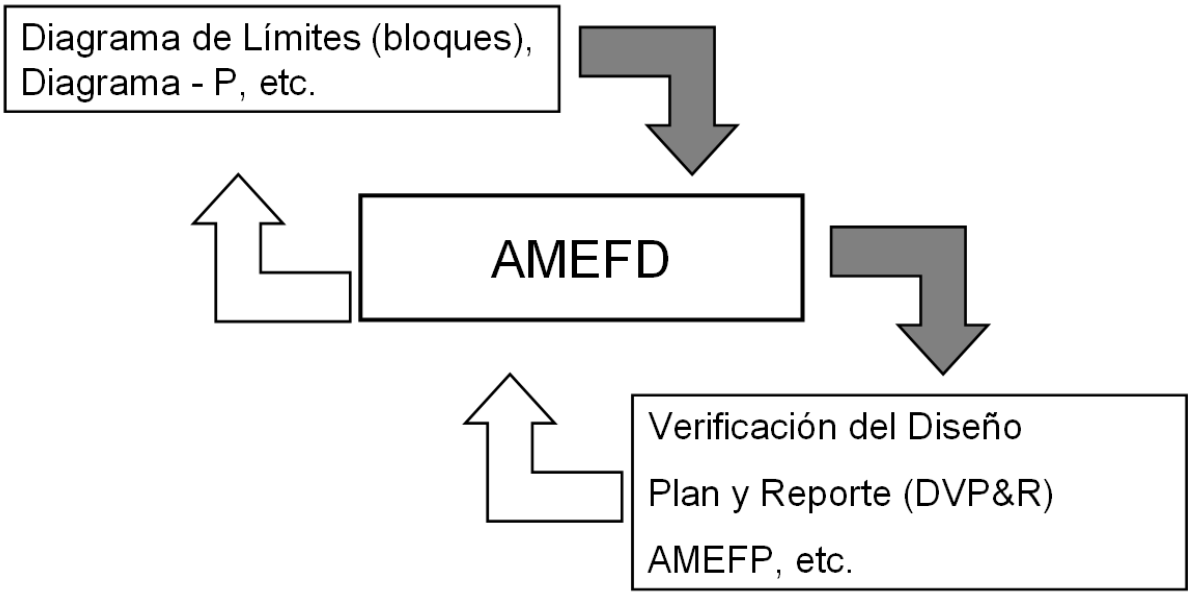



**Figura III.7 Flujo de interrelaciones de Información en los AMEFDs**

de entrenamiento

## Plan & Reporte de Verificación de Diseños (P&RVDs)

Los AMEFDs y los P&RVDs tienen una importante conexión. El AMEFD identifica y documenta los controles de prevención y detección de diseño actuales los cuales llegan a ser entradas a la descripción de las pruebas incluidas dentro del P&RVD. El AMEFD identifica “cuáles” son los controles mientras que el P&RVD ofrece los “comos” tales como, criterios de aceptación, procedimientos y tamaños de muestra.

## AMEFPs

Otra importante conexión/enlace es entre los AMEFDs y AMEFPs. Por ejemplo, un modo de falla del Proceso (AMEFP) ó un modo de falla del Diseño (AMEFD) pueden resultar en el mismo efecto potencial del producto. En este caso, los efectos de los modos de fallas del diseño debieran ser reflejados en los efectos y rangos de severidad de los AMEFDs y AMEFPs.

Sólo para fines de entrenamiento

# Capítulo IV

## AMEFPs
## Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Procesos

Sólo para fines de entrenamiento

## Introducción

El AMEF de Procesos, referido como AMEFP, soporta el desarrollo del proceso de manufactura en la reducción del riesgo de las fallas:

- Identificando y evaluando las funciones y requerimientos del proceso,
- Identificando y evaluando modos de fallas potenciales relacionadas con el producto y el proceso, y los efectos de las fallas potenciales en el proceso y los clientes,
- Identificando las causas potenciales del proceso de manufactura ó ensamble,
- Identificando las variables del proceso en las cuales se enfocan los controles del proceso para reducción de la ocurrencia ó incremento de la detección de las condiciones de falla, y
- Permitiendo el establecimiento de un sistema de prioridades para acciones preventivas/correctivas y controles,

El AMEFP es un documento vivo y debiera:

- Ser iniciado antes ó en la etapa de factibilidad
- Ser iniciado antes del herramental para producción
- Tomar en cuenta todas las operaciones de manufactura desde los componentes individuales hasta los ensambles, e
- Incluir todos los procesos dentro de la planta que puedan impactar en las operaciones de manufactura y ensamble tales como, envío, recibo, transporte de material, almacenamiento, transportadores ó etiquetado.

Una revisión y análisis inicial de los procesos nuevos ó revisados es aconsejable para anticipar, resolver ó monitorear aspectos clave y potenciales del proceso durante las etapas de planeación de la manufactura de un modelo nuevo ó un programa de algún componente.

El AMEFP asume que el producto como está diseñado cumple con la intención del diseño. Los modos de fallas potenciales que pueden ocurrir por una debilidad del diseño pueden ser incluidos en el AMEFP. Su efecto y forma de evitarlo es cubierto por el AMEF de Diseño.

El AMEFP no confía en los cambios de diseño del producto que subordinen limitaciones en el proceso. Sin embargo, sí toman en consideración las características de diseño relativas al proceso planeado de manufactura ó ensamble para asegurar que, en un alcance posible, el producto resultante cumpla con las necesidades y expectativas de los clientes. Por ejemplo, el desarrollo del AMEFP generalmente asume que las máquinas y el equipo cumplen con la intención del diseño y por tanto son excluidas del alcance. Los mecanismos de control para partes y materiales de recibo pueden necesitar ser considerados en base a datos históricos.

Sólo para fines de entrenamiento

## Cliente Definido

La definición de “Cliente” para un AMEFP debiera ser normalmente el “Usuario Final”. Sin embargo, el cliente puede ser también una operación de manufactura ó ensamble subsecuente ó flujo abajo, alguna operación de servicio ó algún organismo regulador [5].

## Enfoque de Equipo

El AMEFP es desarrollado y mantenido por un equipo multidisciplinario (ó con funciones múltiples) y típicamente dirigido por un ingeniero responsable. Durante el desarrollo inicial de un AMEFP, se espera que el ingeniero responsable / líder de equipo involucre directa y activamente a los representantes de todas las áreas afectadas. Estas áreas debieran incluir, pero no limitarse a, diseño, ensamble, manufactura, materiales, calidad, servicio y proveedores, así como el área responsable del ensamble siguiente. El AMEFP debiera ser un catalizador para estimular el intercambio de ideas entre las áreas afectadas y por tanto promover el enfoque de equipo.

## Consideraciones de Diseño

El equipo debiera asumir que el producto como se diseñó cumple con la intención de diseño mismo.

Durante el desarrollo de un AMEFP, el equipo puede identificar oportunidades de diseño, las cuales, si se implementan, eliminarían ó reducirían la ocurrencia de algún modo de falla del proceso. Por ejemplo, agregando alguna propiedad a alguna parte y alguna propiedad que empate a algún dispositivo eliminarían la posibilidad de que algún operador coloque alguna parte en la orientación equivocada. Tal información debiera ser ofrecida al ingeniero de diseño responsable, así como a los individuos responsables del diseño de herramentales / equipo / dispositivos para su consideración y posible implementación.

Sólo para fines de entrenamiento

[5] Ver discusión en Capítulo II, Cliente Definido.

## Desarrollo de un AMEF de Procesos

El ingeniero responsable del proceso/líder de equipo tiene a su propia disposición un número de documentos que son útiles en la preparación de AMEFPs. El AMEFP se inicia desarrollando una lista de lo que se espera haga el proceso y de lo que no se espera que haga, ej., la intención del proceso.

El AMEFP debiera iniciar con un diagrama de flujo del proceso general. Este diagrama de flujo debiera identificar las características del producto/proceso asociadas con cada operación. La identificación de los efectos del producto del correspondiente AMEFD debieran ser incluidos. Copias de los diagramas de flujo usados en la preparación de AMEFPs debieran acompañarlo.

A fin de facilitar la documentación del análisis de fallas potenciales y sus consecuencias, se han desarrollado formatos ejemplo de AMEFPs y se ofrecen en el Apéndice A. La información mínima contenida y requerida para un AMEFP se discute adelante. (Ver también Tabla IV.1)

### Prerrequisitos

Un AMEFP debiera iniciar con el desarrollo de información para entender las operaciones de manufactura y ensamble siendo analizadas y definir sus requerimientos.

El diagrama de flujo del proceso es una entrada primaria para un AMEFP. El diagrama de flujo del proceso es usado como una herramienta para ayudar a establecer el alcance del análisis durante el diseño de un sistema de manufactura.

### Diagrama de Flujo del Proceso y su conexión con AMEFPs

Un diagrama de flujo del proceso [6] describe el flujo del producto a través del proceso – desde el recibo hasta la salida. Esto debiera incluir cada paso en el proceso de manufactura ó ensamble así como sus resultados/salidas (características del producto, requerimientos, enviables/entregables, etc.) relacionadas y entradas (características del proceso, fuentes de variación, etc.). El detalle del flujo del proceso depende de la etapa de discusión de desarrollo del proceso. El diagrama de flujo inicial es generalmente considerado un mapa de procesos de alto nivel. Necesita un análisis con más detalles para identificar los modos de fallas potenciales.

[6] El Diagrama de Flujo del Proceso es también referido como Gráfica del Flujo del Proceso.

Sólo para fines de entrenamiento

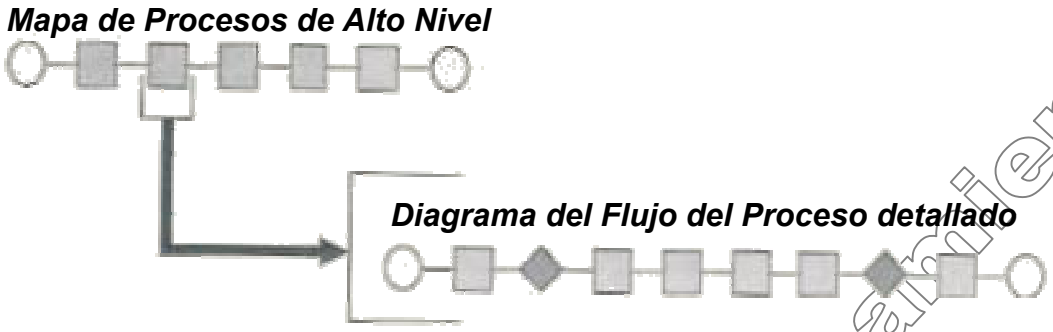



**Figura IV.1 Mapas de Procesos de un Alto Nivel a Detalle**

El AMEFP debiera ser consistente con la información en el diagrama de flujo del proceso. El alcance del diagrama de flujo del proceso debiera incluir todas las operaciones de manufactura desde el procesamiento de los componentes individuales hasta los ensambles, incluyendo envío recibo, transporte de material, almacenamiento, transportadores, etiquetado, etc. Puede ejecutarse una evaluación de riesgos preliminar usando el diagrama de flujo del proceso para identificar cuáles de estas operaciones ó pasos individuales pueden tener algún impacto en la manufactura y ensamble del producto y debieran ser incluidos en el AMEFP.

El desarrollo del AMEFP continúa identificándose los requerimientos para cada proceso/función. Los requerimientos son las salidas ó resultados de cada operación/paso y se relacionan con los requerimientos del producto. Los requerimientos ofrecen una descripción de lo que debiera lograrse en cada operación/paso. Los requerimientos ofrecen al equipo las bases para identificar modos de fallas potenciales.

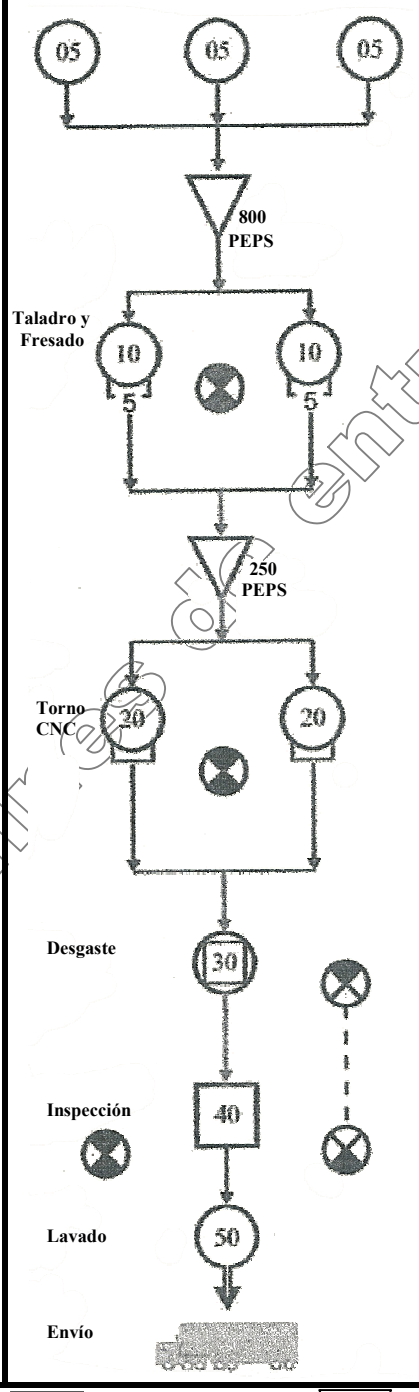
A fin de asegurar continuidad, se recomienda altamente que el mismo equipo multifuncional desarrolle el Diagrama de Flujo del Proceso, el AMEFP y el Plan de Control.

Ver Figura IV.2 para un ejemplo de un diagrama de flujo del proceso.

Sólo para fines de entrenamiento

**Departamento:** xxxxxxxxxxx **Página:** _____ **de** _____

**Producto/Svc:** Componente Guía del Control **Número de ID:** xxxxxxxxxx **Fecha:** 09/24/08

| **Fuentes de Variación** (En base a Experiencia) | **Flujo del Proceso** | **Entregables** (Resultados del Proceso) |
|---|---|---|
| |  | OD1, LD1<br>MH1, ND1, ND2<br>Sin daño |
| Derrames, manejo difícil<br>Dureza del Material, Estructura y Dimensiones<br>Contaminación del Refrigerante y Presión | | LD1, ID5, LD5,<br>ND1, CN1, RO1<br>Localizar línea central<br>⊕ \| .0001 \| A |
| Ajuste de la herramienta por ajuste previo<br>Mantenimiento<br>Consistencia del material (inserto) | | Sin daño |
| Falta de mantenimiento | | |
| Consistencia del material<br>Consistencia del herramental (inserto)<br>Ajuste impropio<br>Pobre retiro de partículas (ej., baja presión de refrigerante) | | OD1, OD2, OD3, OD4<br>RA1, RA2, RA3<br>ND1, RO1<br>LD2-I, LD3-I, LD4-I |
| | | OD1, RO1, MI1<br>Sin daño en la superficie |
| Ajuste impropio<br>Consistencia de herramental<br>Flujo de refrigerante<br>Consistencia y exactitud de vestido/Composición | | Toda la parte no conforme<br>wrt OD11 RO1 LD1 |
| Partes sucias/con grasa<br>Mantenimiento de gages pobre | | ND3, Sin daño en la superficie |
| Consistencia de mantenimiento | | GENERAL – Productividad<br>400 parte/turno |

Operación o actividad | Inspección al 100% | Almacenamiento | Retraso | Operador *(Tiempo completo)*

Operación/Actividad con Inspección | Transpiración | *(Tiempo Parcial)*

Sólo para fines de entrenamiento

**Figura IV.2 Ejemplo de un Diagrama de Flujo del Proceso**

## Otras Herramientas y Recursos de Información

Otras fuentes de información que son útiles para ofrecer al equipo formas de enfocar y capturar discusiones sobre los requerimientos de un proceso incluyen:

- AMEFDs
- Dibujos registros de diseño
- Lista del proceso
- Matriz de interrelaciones (de características)
- No conformidades internas y externas (clientes) (ej., modos de fallas conocidos en base a datos históricos)
- Historia de calidad y confiabilidad

## Información para Investigación

Después de establecer el alcance de los esfuerzos para análisis, el equipo debiera iniciar revisando información histórica. Las áreas para revisión debieran incluir:

- Lecciones que se han aprendido de implementaciones previas de diseños de productos y procesos, y
- Cualquier información disponible que establezca mejores prácticas, incluyendo ítems/puntos tales como, lineamientos con guías y normas/estándares, identificación de partes estándar o métodos a prueba de errores.

Información de desempeño en calidad disponible del diseño de producto y procesos previos y similares, incluyendo ítems/puntos tales como: rendimiento del proceso [7], capacidad a la primera vez (ambos al final de la línea y en cada operación), Partes Por Millón (PPMs), índices de habilidad de los procesos ($C_{PK}$ y $P_{PK}$) e indicadores de garantías.

La infamación puede ser una entrada útil para la determinación de los rangos de severidad, ocurrencia y detección.

Después de considerar estos prerrequisitos, inicia llenando el formato (Tabla IV.I siguiente).

Sólo para fines de entrenamiento

[7] Calidad a la Primera (First Time Quality - FTQ); Que llegan hasta el Final a la Primera (First Time Through - FTT).

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**
Página _____ de _____
Item: **B**
Responsabilidades de Proceso **C**
Preparado por: **H**
Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**
Fecha Clave **E**
Fecha de AMEF (Orig.) **F**
Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Ocurrencia | Controles de Detección | Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

MUESTRA

Sólo para fines de entrenamiento

## Ejemplo de un Formato de AMEFP

El formato usado en los ejemplos en este manual de referencia es una guía para documentar la discusión y análisis del equipo de los elementos del AMEFP. Contiene lo ***mínimo*** en contenido mismo que normalmente se espera por los OEMs.

El orden de las columnas puede ser modificado y pueden agregarse columnas a este formato dependiendo de las necesidades y expectativas de la organización y sus clientes. En cualquier caso, cualquier formato emitido debe ser aceptado por el cliente.

## Encabezado de un Formato de AMEF de Procesos (campos A-H)

Lo siguiente describe la información a ser registrada en el formato.

El encabezado del AMEF debiera identificar claramente el enfoque del AMEFP así como la información relacionada con el desarrollo del documento y el proceso de control. Esto debiera incluir un número de AMEF, la identificación del alcance, las responsabilidades de diseño, las fechas de terminación, etc. El encabezado debiera contener los siguientes elementos [8]:

### Número de AMEF *(A)*

Registrar una tira alfanumérica la cual es usada para identificar el documento del AMEFP. Esto es usado para control de documentos.

### Item/Artículo/Punto *(B)*

Registrar el nombre y número del sistema, subsistema ó componente para el cual el proceso está siendo analizado.

### Responsabilidades del Proceso *(C)*

Registrar el OEM, organización y departamento ó grupo quien sea responsable por el diseño del proceso. También registrar el nombre de la organización de suministros, si aplica.

### Año(s)/Programa(s) del Modelo *(D)*

Registrar el(los) año(s) y programa(s) del modelo que se usará ó será afectado por el proceso siendo analizado ( si se conoce).

Sólo para fines de entrenamiento

[8] Las letras al final de cada encabezado indican el área referida en el formato muestra.

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**

Página _____ de _____

Item: **B**

Responsabilidades de Proceso **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| MUESTRA | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

### Fecha Clave *(E)*

Registrar la fecha debida inicial del AMEFP, la cual no debiera exceder de la fecha programada de arranque/inicio de la producción. En el caso de una organización de suministros, esta fecha no debiera exceder de la fecha de emisión del Proceso de Aprobación de un Parte para Producción (PPAP) requerida por el cliente.

### Fecha del AMEF (Original) *(F)*

Registrar la fecha original del AMEFP en que se completó y la fecha de revisión más reciente.

### Equipo Clave *(G)*

Registrar a los miembros del equipo responsables del desarrollo del AMEFP. Información de contacto (ej., nombre, organización, número de teléfono e Email) puede ser incluida en un documento de referencia suplementario.

### Preparado Por *(H)*

Registrar la información del nombre y contacto incluyendo la organización (compañía) del ingeniero/líder de equipo responsable de la preparación del AMEFP.

## Cuerpo del Formato de AMEFP (campos a-n)

El cuerpo del AMEFP contiene el análisis de riesgos relacionados con las fallas potenciales y las acciones de mejoramiento a ser tomadas. [9]

### Paso del Proceso / Función del Proceso / Requerimientos *(a)*

El Paso del Proceso / Función pueden separarse en dos (ó más) columnas ó combinarse en una sola y conectada columna la cual abarca estos elementos. Los Pasos del Proceso pueden listarse en la columna de Paso del Proceso / Función ó pueden agregarse columnas adicionales conteniendo las funciones ó requerimientos del paso del proceso. “Paso del Proceso”, “Función” y “Requerimientos” se describen adelante:

Sólo para fines de entrenamiento

[9] Las letras al final de cada encabezado indican el área referida en el formato muestra.

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**

Página _____ de _____

Item: **B**

Responsabilidades de Proceso **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

MUESTRA

Sólo para fines de entrenamiento

### Paso del Proceso *(a1)*

Registra la identificación del paso del proceso u operación siendo analizado(a), en base al proceso de numeración y terminología. Por ejemplo, registrar un número e identificador (ej., nombre). Un esquema de numeración, secuencia y terminología del proceso usados debiera ser consistente con aquellos usados en el diagrama de flujo del proceso para asegurar rastreabilidad y relaciones con otros documentos (Planes de Control, instrucciones de los operadores, etc.). Operaciones de reparaciones y retrabados debieran ser también incluidas.

### Función del Proceso *(a1)*

Lista la función del proceso que corresponda a cada paso del proceso u operación siendo analizado. La función del proceso describe el propósito ó intención de la operación. Se recomienda un análisis de riesgos a fin de limitar el número de pasos a ser incluidos y sólo aquellos que agreguen valor ó de alguna otra forma sean vistos como probables de tener un impacto negativo en el producto. Si existen funciones múltiples de un proceso siendo analizado con respecto a una operación dada, cada una debiera ser alineada en el formato con sus respectivos "Requerimientos" para ayudar en el desarrollo de los modos de fallas asociados.

La Función del Proceso llega a ser a2 si el Paso del Proceso y la Función del Proceso se separan ó apartan.

### Requerimientos *(a2)*

Lista los requerimientos para cada función del proceso del paso u operación del proceso mismos siendo analizado. Los requerimientos son las entradas especificadas del proceso para cumplir con la intención del diseño y otros requerimientos de los clientes. Si existen requerimientos múltiples con respecto a una función dada, cada uno debiera ser alineado en el formato con sus respectivos modos de fallas asociados, a fin de facilitar el análisis.

Los Requerimientos llegan a ser a3 si el Paso del Proceso y la Función del Proceso se separan en columnas por separado, ej., a1 y a2.

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**
Página _____ de _____
Item: **B**
Responsabilidades de Proceso **C**
Preparado por: **H**
Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**
Fecha Clave **E**
Fecha de AMEF (Orig.) **F**
Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| MUESTRA | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

## Modo de la Falla Potencial *(b)*

Un modo de falla potencial es definido como la manera en la cual el proceso podría fallar potencialmente para cumplir con los requerimientos del proceso (incluyendo la intención del diseño).

En la preparación del AMEF, se asume que las partes/materiales de recibo son correctas. Pueden hacerse excepciones por el equipo de AMEF cuando datos históricos indiquen deficiencias en la calidad de las partes de recibo. El equipo debiera también asumir que el diseño básico del producto es correcto; sin embargo, si existen aspectos clave del diseño los cuales resulten en aspectos clave del proceso, estos aspectos clave debieran ser comunicados al equipo de diseño para su resolución.

Lista los modos de fallas potenciales para la operación particular en términos de los requerimientos del proceso (ej., como se documenten en el diagrama de flujo del proceso). Se asume que la falla podría ocurrir pero que no necesariamente ocurra. Los modos de fallas potenciales debieran ser descritos en términos técnicos, no como un síntoma notado por los clientes. Ver el ejemplo de la tabla adelante.

| Paso del Proceso / Función | Requerimiento | Modo de Falla Potencial |
|---|---|---|
| Operación 20:<br><br>Sujetar cojín del asiento a la guía usando una pistola de torque | Cuatro tornillos | Menos de cuatro tornillos |
| | Tornillos especificados | Tornillo usado equivocado (diámetro más largo) |
| | Secuencia de ensamble: Primer tornillo en orificio derecho frontal | Tornillo colocado en cualquier otro orificio |
| | Tornillos totalmente puestos | Tornillo no totalmente puesto |
| | Tornillo con torque a una especificación de torque dinámico | Tornillo con torque demasiado alto |
| | | Tornillo con torque demasiado bajo |
| | | |

**Tabla IV.2 Ejemplos de Columnas de Paso del Proceso / Función / Requerimientos en el Formato de AMEFPs incluyendo Modos de Fallas Potenciales**

Si los requerimientos han sido bien definidos, entonces el modo de la falla potencial es rápidamente identificable, determinando la condición en que un requerimiento específico no se cumple. Cada requerimiento puede tener modos de fallas múltiples. Un número grande de modos de fallas identificadas para un sólo requerimiento usualmente indica que el requerimiento no está bien definido.

Se hace el supuesto de que la falla podría ocurrir pero que no necesariamente ocurre – consecuentemente el uso de la palabra "potencial".

La verificación de la terminación (ó lo completo) de los modos de fallas potenciales puede hacerse a través de la revisión de cosas pasadas que han estado equivocadas, aspectos de preocupación,

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**
Página _____ de _____

Item: **B**
Responsabilidades de Proceso **C**
Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**
Fecha Clave **E**
Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| MUESTRA | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

Reportes de rechazos ó scrap/desperdicio y tormentas de ideas de grupo. Fuentes para esto debieran también incluir una comparación de procesos similares y una revisión de los reclamos del cliente (Usuario Final y una operación subsecuente) relacionados con componentes similares.

## Efecto(s) Potencial(es) de la(s) Falla(s) *(c)*

Los efectos potenciales de fallas son definidos como los efectos de los modos de fallas como son percibidos por los clientes.

Los efectos de las fallas debieran ser descritos en términos de lo que los clientes puedan notar ó experimentar, recordando que el cliente puede ser un interno, así como el Usuario Final último. Los clientes en este contexto podrían ser la siguiente operación, operaciones ó localizaciones subsecuentes, el vendedor y/o el dueño del vehículo. Cada uno debe ser considerado cuando se evalúe el efecto potencial de una falla. Los efectos del producto en el AMEFP debieran ser consistentes con aquellos correspondientes en el AMEFD.

Si el modo de la falla pudiera impactar en la seguridad ó causara un incumplimiento en regulaciones, esto debiera ser claramente identificado en el AMEFP.

Para el Usuario Final, los efectos debieran ser establecidos en términos del desempeño del producto ó sistema. Si el cliente es la operación siguiente u operaciones/localizaciones subsecuentes, los efectos debieran ser establecidos en términos del desempeño del proceso/operación. Ver Tabla IV.3 Ejemplos de Efectos

A fin de determinar los Efectos Potenciales, debieran hacerse las siguientes preguntas:

**1. ¿El modo de la falla potencial previene físicamente en el procesamiento flujo abajo ó causa un daño potencial al equipo u operadores?**

Esto incluye una inhabilidad para ensamblar ó unir un componente anexado en cualquier instalación de un cliente subsecuente. Si es así, entonces evaluar el impacto en la manufactura. No se requiere un análisis adicional. Si no es así, entonces ir a la pregunta 2. Ejemplos podrían incluir:

- Incapaz de ensamblarse en la operación x
- Incapaz de anexarse en las instalaciones del cliente
- Incapaz de conectarse en las instalaciones del cliente
- No se puede barrenar en la operación x
- Causa desgaste excesivo del herramental en la operación x
- Daña al equipo en la operación x
- Daña al operador en las instalaciones del cliente

Sólo para fines de entrenamiento

Nota: La localización, estación u operación en la cual un efecto ocurre debiera ser identificada. Si es en las instalaciones del cliente, esto debiera ser establecido.

### 2. ¿Cuál es el impacto potencial en el Usuario Final?

Independientemente de los controles planeados ó implementados incluyendo a prueba de errores ó fallas, se considera lo que el Usuario Final notaría ó experimentaría. Esta información puede estar disponible dentro del AMEFD. Una vez determinado, ir a la pregunta 3. Ejemplos podrían incluir:

- Ruido
- Esfuerzo alto
- Olor desagradable
- Operación intermitente
- Fuga de agua
- Holgado
- Incapaz de ajustarse
- Difícil de controlar
- Apariencia pobre

### 3. ¿Qué pasaría si un efecto fuera detectado previo a que llegue con el Usuario Final?

El efecto potencial en las localizaciones actuales ó de recibo también necesita ser considerado. Ejemplos podrían incluir

- Paro de línea
- Paro de los envíos
- Mantener en el área
- 100% de producto a desperdicio/scrap
- Decremento en la velocidad de la línea
- Adición de mano de obra para mantener la velocidad requerida de la línea

Nota: Si más de un efecto potencial se identifica cuando se consideren las preguntas 2 y 3, todos podrían estar listados, pero para propósitos de análisis, sólo se considera el peor caso cuando se documente el rango de severidad resultante.

Sólo para fines de entrenamiento

## Ejemplos de Efectos

| Requerimiento | Modo de Falla | Efecto |
|---|---|---|
| Cuatro tornillos | Menos de cuatro tornillos | *Usuario Final:* Cojín del asiento suelto y ruido.<br>*Manufactura y ensamble:* Paro de envíos y clasificación y retrabajo adicionales debido a la proporción afectada. |
| Tornillos especificados | Tornillo usado equivocado (diámetro más largo) | *Manufactura y ensamble:* Incapaz de instalar tornillo en la estación. |
| Secuencia de ensamble: Primer tornillo en orificio derecho frontal | Tornillo colocado en cualquier otro orificio | *Manufactura y ensamble:* Difícil de instalar los tornillos restantes en la estación. |
| Tornillos totalmente puestos | Tornillo no totalmente puesto | *Usuario Final:* Cojín del asiento suelto y ruido.<br>*Manufactura y ensamble:* Clasificación y retrabajo debido a la proporción afectada. |
| Tornillo con torque a una especificación de torque dinámico | Tornillo con torque demasiado alto | *Usuario Final:* Cojín del asiento suelto debido a fractura subsecuente del tornillo y ruido.<br>*Manufactura y ensamble:* Clasificación y retrabajo debido a la proporción afectada. |
| | Tornillo con torque demasiado bajo | *Usuario Final:* Cojín del asiento suelto debido a un aflojado gradual de tornillo y ruido.<br>*Manufactura y ensamble:* Clasificación y retrabajo debido a la proporción afectada. |
| | | |

**Tabla IV.3 Ejemplos de Efectos**

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**
Página _____ de _____
Item: **B**
Responsabilidades de Proceso **C**
Preparado por: **H**
Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**
Fecha Clave **E**
Fecha de AMEF (Orig.) **F**
Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| MUESTRA | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

## Severidad (S) *(d)*

Severidad es el valor asociado con el más serio efecto para un modo de falla dado. Severidad es de un rango relativo y dentro del alcance del AMEF individual.

### Criterios de Evaluación Sugeridos

El equipo debiera acordar en los criterios de evaluación y el sistema de rangos, y aplicarlos en forma consistente, aún y cuando se modifiquen por análisis individuales del proceso (Ver Tabla Cr1 para lineamientos de criterios).

> No se recomienda modificar los criterios para valores de rangos de 9 y 10. Los modos de fallas con un rango de 1 no debieran ser analizados en forma posterior.

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla Cr1 Criterios Sugeridos de Evaluación de la Severidad para AMEFPs**

| Efecto | Criterios: Severidad del Efecto en el Producto (Efecto en el Cliente) | Rango | Efecto | Criterios: Severidad del Efecto en el Proceso (Efecto en la Manufactura/ Ensamble) |
|---|---|---|---|---|
| **Falla en el Cumplimiento con Requerimientos de Seguridad y/o Regulatorios** | Modo de falla potencial afecta la operación segura del vehículo y/o involucra algún incumplimiento con regulaciones gubernamentales sin advertencia | **10** | **Falla en el Cumplimiento con Requerimientos de Seguridad y/o Regulatorios** | Puede poner en peligro al operador (equipo ó ensamble) sin advertencia |
| | Modo de falla potencial afecta la operación segura del vehículo y/o involucra algún incumplimiento con regulaciones gubernamentales con advertencia | **9** | | Puede poner en peligro al operador (equipo ó ensamble) con advertencia |
| **Pérdida ó Degradamiento de alguna Función Primaria** | Pérdida de alguna función primaria (vehículo inoperable, no afecta la operación segura del vehículo) | **8** | **Interrupción Mayor** | Puede ser que el 100% del producto se deseche. Paro de línea ó paro de envíos |
| | Degradamiento de alguna función primaria (vehículo operable, pero con un nivel de desempeño reducido | **7** | **Interrupción Significativa** | Puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseche. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea ó adición de mano de obra |
| **Pérdida ó Degradamiento de alguna Función Secundaria** | Pérdida de alguna función secundaria (vehículo operable, pero con funciones de confort/conveniencia inoperables) | **6** | **Interrupción Moderada** | Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que retrabajarse fuera de la línea y ser aceptada |
| | Degradamiento de alguna función secundaria (vehículo operable, pero con funciones de confort/conveniencia con un nivel de desempeño reducido | **5** | | Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que retrabajarse fuera de la línea y ser aceptada |
| **Molestia ó Incomodidad** | Apariencia ó Ruido Audible, vehículo operable, item/artículo no genera el confort y es notado por la mayoria de los clientes (> 75%) | **4** | **Interrupción Moderada** | Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que retrabajarse en la estación, antes de ser procesada |
| | Apariencia ó Ruido Audible, vehículo operable, item/artículo no genera el confort y es notado por muchos clientes (50%) | **3** | | Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que retrabajarse en la estación, antes de ser procesada |
| | Apariencia ó Ruido Audible, vehículo operable, item/artículo no genera el confort y es notado por un mínimo de clientes (< 25%) | **2** | **Interrupción Menor** | Leve ó ligera inconveniencia al proceso, operación u operador |
| **Sin Efecto** | Sin efecto discernible | **1** | **Sin Efecto** | Sin efecto discernible |

Solo Línea de entrenamiento

**Esta página se deja en blanco intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**

Página _____ de _____

Item: **B**

Responsabilidades de Proceso **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

## Clasificación *(e)*

Esta columna puede ser usada para resaltar modos ó causas de fallas de alta prioridad que pudieran requerir evaluaciones de ingeniería adicionales.

Esta columna puede también ser usada para clasificar cualquier característica especial del producto ó proceso (ej., crítica, clave, mayor, significativa) para componentes, subsistemas ó sistemas que pudieran requerir controles de proceso adicionales.

Los requerimientos específicos de los clientes pueden identificar símbolos de características especiales del producto ó proceso y su uso.

Cuando una característica especial es identificada con una severidad de 9 ó 10 en el AMEFP, el ingeniero de diseño responsable debiera ser notificado dado que esto puede afectar documentos de ingeniería.

## Causa(s) Potencial(es) del Modo de la Falla *(f)*

Causa potencial de una falla es definida como una indicación de cómo una falla podría ocurrir, y es descrita en términos de algo que pudiera ser corregido ó controlado. La causa potencial de una falla puede ser una indicación de una debilidad del diseño ó proceso, y consecuencia del mismo es el modo de falla.

En un alcance posible, identifica y documenta cada causa potencial para cada modo de falla. La causa debiera ser detallada de la forma más concisa y completa posible. Separando las causas resultaría en un análisis enfocado para cada una y puede producir diferentes mediciones, controles y planes de acción. Puede haber una ó más causas que puedan resultar en el modo de falla siendo analizado. Esto resulta en líneas múltiples para cada causa en la tabla ó formato. [10]

En la preparación del AMEFP, el equipo debiera asumir que las partes/materiales de recibo están correctas. Pueden hacerse excepciones y a discreción del equipo donde datos históricos indican deficiencias en la calidad de las partes de recibo.

Sólo errores ó malos funcionamientos específicos (ej., sello no instalado ó sello instalado en forma invertida) debieran ser listados. Frases ambiguas (ej., error del operador ó sello mal instalado, etc.) no debieran ser usadas. Ver Tabla IV.4 Ejemplos de Causas y Controles.

Sólo para fines de entrenamiento

[10] En la preparación del AMEFP, el equipo necesita asegurar que cualquier limitante del diseño que pudiera resultar en un modo de falla potencial del proceso sea comunicada a la función ó área de diseño.

## Ocurrencia (O) *(g)*

Ocurrencia es la probabilidad de que alguna causa específica de una falla ocurra. El número de rango de probabilidad de ocurrencia es de un significado relativo más que de un valor absoluto (Ver Tabla Cr2).

Estima la probabilidad de ocurrencia de la causa potencial de una falla en una escala de 1 a 10. Debiera usarse un sistema de rangos de ocurrencia consistente para asegurar continuidad. El número de rango de ocurrencia es de un rango relativo dentro del alcance del AMEF y puede no reflejar la probabilidad actual de ocurrencia.

El término “Incidentes por artículos/vehículos” es usado para indicar el número de fallas que son anticipadas durante la ejecución del proceso. Si están disponibles datos estadísticos de un proceso similar, los datos mismos debieran ser usados para determinar el rango de ocurrencia. En otros casos, una evaluación subjetiva puede usarse usando descripciones de las palabras de la columna del lado izquierdo de la tabla, junto con entradas de fuentes de conocimiento apropiadas del proceso para estimar el rango.

## Criterios de Evaluación Sugeridos

El equipo debiera acordar los criterios de evaluación y el sistema de rangos, y aplicarlos en forma consistente, aún y cuando se modifiquen por algún análisis individual de algún proceso. La ocurrencia debiera ser estimada usando la escala 1 a10 y en base a la Tabla Cr2 como una guía.

Sólo para fines de entrenamiento

| Probabilidad de Falla | Criterios: Ocurrencia de las Causas – AMEFPs<br><br>(Incidentes por ítems/vehículos) | Rango |
|---|---|---|
| **Muy Alta** | ≥ 100 por mil<br>≥ 1 en 10 | **10** |
| **Alta** | 50 por mil<br>1 en 20 | **9** |
| | 20 por mil<br>1 en 50 | **8** |
| | 10 por mil<br>1 en 100 | **7** |
| **Moderada** | 2 por mil<br>1 en 500 | **6** |
| | .5 por mil<br>1 en 2,000 | **5** |
| | .1 por mil<br>1 en 10,000 | **4** |
| **Baja** | .01 por mil<br>1 en 100,000 | **3** |
| | ≤ .001 por mil<br>1 en 1,000,000 | **2** |
| **Muy Baja** | La falla es eliminada a través de controles preventivos | **1** |

**Tabla Cr2 Criterios Sugeridos para Evaluación de Ocurrencia en AMEFps**

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**

Página _____ de _____

Item: **B**

Responsabilidades de Proceso **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

MUESTRA

Sólo para fines de entrenamiento

## Controles de Proceso Actuales *(h)*

Los Controles de Proceso actuales son descripciones de los controles que pueden ser ya sea para prevenir en un alcance posible, la causa de la falla de que ocurra ó detectar el modo de la falla ó la causa de la falla de que ocurra.

Existen dos tipos de Controles del Proceso a considerar:

**Prevención**
Eliminar (prevenir) las causas de la falla ó el modo de la falla de que ocurran, ó reducir su proporción de ocurrencia.

**Detección**
Identificar (detectar) las causas de la falla ó el modo de la falla, llevando al desarrollo de acciones correctivas asociadas ó contramedidas.

El enfoque preferido es primero usar controles de prevención, si es posible. Los rangos iniciales de ocurrencias son afectados por los controles de prevención siempre y cuando dichos rangos estén integrados como parte del proceso. Los rangos iniciales de detección se basan en los controles del proceso que detecten la causa de la falla ó detecten el modo de la falla.

Debido a que los métodos gráficos estadísticos (ej., Control Estadístico de los Procesos) [11] típicamente usan muestreo para evaluar la estabilidad del proceso y detectar las condiciones fuera de control, estos no debieran ser considerados cuando se evalúe la efectividad de controles de Controles de Detección específicos. SPC puede, por ejemplo, ser considerado como un Control de Prevención para causas específicas cuyas tendencias son identificables con anticipación de una no conformidad actual siendo producida tal como, un desgaste de herramental.

El ejemplo del formato del AMEFP en este manual tiene dos columnas por separado para Controles de Prevención y Controles de Detección para apoyar al equipo a distinguir claramente entre estos dos tipos de controles. Esto permite una rápida determinación visual de que ambos tipos de controles del proceso han sido considerados.

Si se usa el formato de una columna (para controles del proceso), entonces el siguiente prefijo debiera usarse. Para controles de prevención, coloca una “P” antes ó después de cada control de prevención listado. Para controles de detección, coloca una “D” antes ó después de cada control de detección listado (ver Tabla IV.4 Ejemplos de Causas y Controles).

[11] Ver *Manual de SPC*, de AIAG por Chrysler, Ford, GM.

Sólo para fines de entrenamiento

| Requerimiento | Modo de Falla | Causa | Control de Prevención | Control de Detección |
|---|---|---|---|---|
| Tornillos con torque hasta fijarse totalmente | Tornillo no totalmente fijado | Carrera de tornillo no se sostiene perpendicular para trabajar la superficie por el operador | Entrenamiento a operadores | Sensor de ángulo incluido en carrera de tornillo para detectar el roscado no permitiendo que la partes se retire del dispositivo hasta que se cumple el valor |
| Tornillos con torque en la especificación con torque dinámico | Tornillo con torque demasiado alto | Ajuste de torque demasiado alto por personal que no lo ajusta | Panel de control protegido con clave de acceso (sólo personal de ajuste tiene acceso) | Caja de validación del torque incluida en el procedimiento de ajuste para validar el ajuste previo a la operación |
| | | Ajuste de torque demasiado alto por personal que lo ajusta | Entrenamiento a personal de ajuste | Caja de validación del torque incluida en el procedimiento de ajuste para validar el ajuste previo a la operación |
| | | | Ajustes agregados en instrucciones de ajuste | |
| | Tornillo con torque demasiado bajo | Ajuste de torque demasiado bajo por personal que no lo ajusta | Panel de control protegido con clave de acceso (sólo personal de ajuste tiene acceso) | Caja de validación del torque incluida en el procedimiento de ajuste para validar el ajuste previo a la operación |
| | | Ajuste de torque demasiado bajo por personal que lo ajusta | Entrenamiento a personal de ajuste | Caja de validación del torque incluida en el procedimiento de ajuste para validar el ajuste previo a la operación |
| | | | Ajustes agregados en instrucciones de ajuste | |
| | | | | |

**Tabla IV.4 Ejemplos de Causas y Controles**

Sólo para fines de entrenamiento

**Esta página se deja en blanco intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**

Página _____ de _____

Item: **B**

Responsabilidades de Proceso **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

MUESTRA

Sólo para fines de entrenamiento

## Detección (D) *(i)*

Detección es el rango asociado con el mejor control de detección listado en la columna Controles de Detección. La detección es de un rango relativo dentro del alcance del AMEF individual. A fin de lograr un rango inferior, generalmente el control de detección planeado tiene que ser mejorado.

Cuando se identifique más de un control, se recomida que el rango de detección de cada control sea incluido como parte de la descripción del control mismo. Se registra el valor de rango más bajo en la columna de detección.

Se asume que la falla ha ocurrido y entonces se valúan las capacidades de todos los “Controles de Proceso Actuales” para prevenir el envío de partes que tengan dicho modo de falla. No asumir en forma automática que el rango de detección es bajo porque la ocurrencia es baja, pero si evaluar la capacidad de los controles del proceso para detectar modos de fallas de baja frecuencia o prevenir que estos vayan más allá en el proceso.

> Los chequeos de calidad aleatorios son poco probables para detectar la existencia de un problema aislado y no debieran influenciar al rango de detección.

### Criterios de Evaluación Sugeridos

El equipo debiera de acordar en los criterios de evaluación y el sistema de rangos, y aplicar estos en forma consistente, aún y cuando sean modificados por el análisis individual de algún producto. La detección debiera estimarse usando la Tabla Cr3 como una guía.

> El valor de rango de uno (1) se reserva para prevención de fallas a través de soluciones de diseño del proceso probadas.

Sólo para fines de entrenamiento

| Oportunidad para Detección | Criterios: Probabilidad de Detección por Controles del Proceso | Rango | Probabilidad de Detección |
|---|---|---|---|
| Oportunidad de No Detección | Sin control de proceso actual; No Puede detectarse ó no es analizado. | **10** | **Casi Imposible** |
| Sin probabilidad de detección en ninguna etapa | (Causa) del Modo de la Falla y/o Error no es fácilmente detectado (ej., auditorias aleatorias). | **9** | **Muy Remota** |
| Detección del Problema Posterior al Procesamiento | Detección del Modo de la Falla posterior al procesamiento por el operador a través de medios visuales/táctiles/audibles. | **8** | **Remota** |
| Detección del Problema en la Fuente | Detección del Modo de la Falla en la estación por el operador a través de medios visuales/táctiles/ audibles ó posterior al procesamiento con el uso de gages de atributos (pasa/no pasa, chequeo manual del torque/Llave con clic, etc.). | **7** | **Muy Baja** |
| Detección del Problema Posterior al Procesamiento | Detección del Modo de la Falla posterior al procesamiento por el operador con el uso de gages de variables ó en la estación por el operador con el uso de gages de atributos (pasa/no pasa, chequeo manual del torque/Llave con clic, etc.). | **6** | **Baja** |
| Detección del Problema en la Fuente | Detección (de las Causas) del Modo de la Falla ó Error en la estación por el operador a través del uso de gages de variables ó por controles automatizados en la estación que detecten la parte discrepante y notifiquen al operador (luz, timbre). Chequeo se ejecuta en los ajustes y en el chequeo de la primera pieza (para causas de ajuste solamente). | **5** | **Moderada** |
| Detección del Problema Posterior al Procesamiento | Detección del Modo de la Falla posterior al procesamiento por controles automatizados que detectan la parte discrepante y aseguran la parte para prevenir algún procesamiento posterior. | **4** | **Altamente Moderada** |
| Detección del Problema en la Fuente | Detección del Modo de la Falla en la estación por controles automatizados que detectan la parte discrepante y aseguran automáticamente la parte en la estación para prevenir algún procesamiento posterior. | **3** | **Alta** |
| Detección del Error y/o Prevención del Problema | Detección (de las Causas) del Error en la estación por controles automatizados que detectan el error y previenen que la parte discrepante sea hecha. | **2** | **Muy Alta** |
| Detección no aplica; Prevención de Errores | Prevención (de las Causas) del Error como resultado del diseño de un dispositivo, diseño de la máquina ó diseño de la parte. Partes discrepantes no pueden hacerse porque el item/ artículo se ha hecho a prueba de errores por el diseño del producto/proceso. | **1** | **Casi Cierta** |

**Tabla Cr3 Criterios Sugeridos para Evaluación de Detección en AMEFPs**

Solo para fines de entrenamiento

**Página en blanco se deja intencionalmente**

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**

Página _____ de _____

Item: **B**

Responsabilidades de Proceso **C**

Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**

Fecha Clave **E**

Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| MUESTRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

## Determinación de Prioridades para Acciones

Una vez que el equipo ha completado la identificación inicial de los modos de fallas y efectos, las causas y los controles, incluyendo los rangos de severidad, ocurrencia y detección, ellos deben decidir si son necesarios esfuerzos adicionales para reducir los riesgos. Debido a las limitaciones inherentes en recursos, tiempo, tecnología y otros factores, ellos deben seleccionar como priorizar mejor estos esfuerzos.

El enfoque inicial del equipo debiera orientarse hacia modos de fallas con los más altos rangos de severidad. Cuando la severidad es de 9 ó 10, es imperativo que el equipo asegure que los riesgos se aborden a través de controles de diseño existentes ó acciones recomendadas (como se documenten en el AMEF).

Para modos de fallas con severidades de 8 ó menores el equipo debiera considerar causas que tengan los más altos rangos de ocurrencia ó detección. Es responsabilidad del equipo ver la información, decidir un enfoque y determinar como priorizar mejor los esfuerzos para reducir riesgos, y los cuales sirvan mejor a su organización y clientes.

## Evaluación de Riesgos; Número de Prioridad en Riesgos (NPR) *(j)*

Un enfoque que apoya en la priorización de acciones ha sido el uso del Número de Prioridad en Riesgos:

NPR = Severidad (S) x Ocurrencia (O) x Detección (D)

Dentro del alcance del AMEF individual, este valor puede tener un rango entre 1 y 1,000.

***El uso del umbral de NPR <u>NO</u> es una práctica recomendada para determinar la necesidad de acciones***.

La aplicación de los umbrales asume que los NPRs son una medida de riesgo relativa (la cual a menudo no lo es) y que el mejoramiento continuo no se requiere (el cual sí).

Por ejemplo, si el cliente aplicara un umbral arbitrario de 100 hacia los siguientes, el proveedor sería requerido a tomar acciones sobre la característica B con un NPR de 112.

| Item/Artículo | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
|---|---|---|---|---|
| A | 9 | 2 | 5 | 90 |
| B | 7 | 4 | 4 | 112 |

En este ejemplo, el NPR es mayor para la característica B que para la característica A. Sin embargo, la prioridad debiera ser trabajar en A con una severidad más alta de 9, aunque su NPR es 90 el cual es menor y abajo del umbral.

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**
Página _____ de _____
Item: **B**
Responsabilidades de Proceso **C**
Preparado por: **H**
Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**
Fecha Clave **E**
Fecha de AMEF (Orig.) **F**
Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

MUESTRA

Sólo para fines de entrenamiento

Otro aspecto de preocupación cuando se usa el enfoque del umbral es que no hay un valor específico de NPR que requiera acciones obligatorias.

Desafortunadamente, el establecimiento de tales umbrales puede promover un comportamiento equivocado provocando en los miembros del equipo el invertir tiempo tratando de justificar un valor de rango de ocurrencia ó detección bajos para reducir el NPR. Este tipo de comportamiento evita el abordar el problema real que resalta las causas del modo de la falla y sólo mantiene el NPR debajo de su umbral. Es importante reconocer que cuando se determinan riesgos "aceptables" en un punto clave de algún programa particular (ej., lanzamiento de un vehículo) es deseable, y debiera basarse en un análisis de severidad, ocurrencia y detección y no a través de la aplicación de umbrales del NPR.

El uso de NPR en las discusiones de equipo puede ser una herramienta útil. Las limitaciones del uso del NPR necesitan ser entendidas. Sin embargo, el uso de los umbrales de NPRs para determinar prioridades para acciones no se recomienda.

## Acción(es) Recomendada(s) *(k)*

En general, las acciones de prevención (ej., reducción de la ocurrencia) se prefieren más que acciones de detección. Un ejemplo de esto es el uso de a prueba de errores/fallas en el diseño del proceso más que chequeos de calidad aleatorios ó inspección asociada.

La intención de cualquier acción recomendada es reducir los rangos en el siguiente orden: severidad, ocurrencia y detección. Ejemplos de enfoques para reducir estos se explican adelante:

- ***Para Reducir el Rango de Severidad (S)***: Sólo una revisión del diseño ó proceso puede traer una reducción en el rango de severidad.

Un cambio de diseño del producto/proceso, dentro y del mismo, no implica que la severidad se reducirá. Cualquier cambio del diseño del producto/proceso debiera ser revisado por el equipo para determinar el efecto en la funcionalidad del producto y el proceso.

Para una máxima efectividad y eficiencia de este enfoque, los cambios al diseño del producto y proceso debieran ser implementados inicialmente en el proceso de desarrollo. Por ejemplo, necesita ser considerada la tecnología del proceso muy al principio en el desarrollo del proceso si se quiere reducir la severidad.

- Para reducir el Rango de Ocurrencia (O): Para reducir la ocurrencia pueden requerirse revisiones del proceso y el diseño. Una reducción en el rango de ocurrencia puede ser afectada retirando ó controlando una ó más de las causas de algún modo de falla a través de una revisión del diseño del producto ó proceso.

Pueden implementarse estudios para entender las fuentes de variación del proceso usando métodos estadísticos. Estos estudios

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**
Página _____ de _____
Item: **B**
Responsabilidades de Proceso **C**
Preparado por: **H**
Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**
Fecha Clave **E**
Fecha de AMEF (Orig.) **F**
Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| MUESTRA | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

Sólo para fines de entrenamiento

Puede resultar en acciones que reduzcan la ocurrencia. Además, el conocimiento logrado puede ayudar en la identificación de controles adecuados incluyendo retroalimentación continua de información a operaciones apropiadas para mejoramiento continuo y prevención de problemas.

- ***Para Reducir el Rango de Detección (D)***: El método preferido es el uso de a prueba de errores/fallas. Un rediseño de la metodología de detección puede resultar en una reducción del rango de detección. En algunos casos, un cambio de diseño a un paso del proceso puede ser requerido para incrementar la probabilidad de detección (ej., reducir el rango de detección). Generalmente, el mejoramiento de los controles de detección requiere del conocimiento y entendimiento de las causas dominantes de la variación del proceso y algunas causas especiales. El incremento de la frecuencia en la inspección no es usualmente una acción efectiva y sólo debiera ser usado como una medida temporal para recolectar información sobre el proceso mismo de forma que puedan implementarse acciones correctivas/preventivas permanentes [12].

Si la evaluación conduce a no recomendar acciones para una combinación específica de modo de falla/causa/control, esto se indica registrando "Ninguna" en esta columna. Puede ser útil también incluir un razonamiento si se registra "Ninguna", especialmente en el caso de una alta severidad.

Para acciones del proceso, la evaluación puede incluir pero no limitarse a la revisión de:

- Resultados de un DOE del proceso ó alguna otra prueba cuando aplique
- El diagrama de flujo del proceso, el plan de piso, las instrucciones de trabajo ó el plan de mantenimiento preventivo modificados
- La revisión de equipo, dispositivos ó especificaciones de la maquinaria
- Dispositivos sensores/de detección nuevos ó modificados

La Tabla IV.5 adelante ofrece un ejemplo de la aplicación de causas (Columna f), controles (Columna h) y acciones recomendadas (Columna k).

## Responsabilidades y Fechas Meta de Cumplimiento *(l)*

Registra el nombre del individuo y organización responsable de completar cada acción recomendada incluyendo la fecha meta de terminación. El ingeniero/líder de equipo responsable del proceso es responsable de asegurar que todas las acciones recomendadas hayan sido implementadas ó adecuadamente abordadas.

[12] Ver *Manual de SPC*, de AIAG por Chrysler, Ford, GM.

Sólo para fines de entrenamiento

**Tabla IV.1 Formato Muestra de AMEFPs con Mínimos Elementos de Información y Entradas de Ejemplo**

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS
DE FALLAS POTENCIALES
(AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF **A**
Página _____ de _____

Item: **B**
Responsabilidades de Proceso **C**
Preparado por: **H**

Año(s)/Programa(s) del Modelo **D**
Fecha Clave **E**
Fecha de AMEF (Orig.) **F**

Equipo Central **G**

| Artículo / Función | Requeri-miento | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Diseño Actual: Controles de Prevención | Diseño Actual: Ocurrencia | Diseño Actual: Controles de Detección | Diseño Actual: Detección | RPN | Acciones Recomen-dadas | Responsabili-dades y Fechas meta de Terminación | Resultados de las Acciones: Acciones Tomadas Fechas de Terminación | Resultados de las Acciones: Severidad | Resultados de las Acciones: Ocurrencia | Resultados de las Acciones: Detección | Resultados de las Acciones: NPR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Op. 70: Aplicación manual de grasa dentro del panel interior de la puerta | Puerta interior de la cubierta, superficies inferiores en grasa con el espesor de la especificación | Cubierta de grasa insuficiente sobre la superficie especificada | Panel interior de la puerta permite brecha de integridad<br><br>Paneles de puerta en parte inferior corroídas<br><br>Vida de la puerta deteriorada llevando a:<br><br>-Apariencia no satisfactoria debido a óxidos en pintura a través del tiempo<br><br>-Funcionamiento irregular de hardware interior de puerta | 7 | | Cabeza de espreado insertada manualmente no insertada lo suficiente | Ninguno | 8 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 280 | Agregar paro de profundidad positiva a equipo de espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Paro agregado, equipo de espreado checado en línea | 7 | 2 | 5 | 70 |
| | | | | | | | | | | | | | Automatizar el espreado | Ingeniería de Manufactura para 0X 12 15 | Rechazado debido a la complejidad de las diferentes puertas en la misma línea | | | | |
| | | | | | | Cabeza de espreado atascada<br>-Viscosidad muy alta<br>-Presión muy baja | Prueba del espreado en el arranque y después de periodos inactivos y un programa de mantenimiento preventivo para limpiado de cabezas | 5 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 175 | Uso de Diseño de Experimentos (DOE) en viscosidad vs. Temperatura vs. Presión | Ingeniería de Manufactura para 0X 10 01 | Límites de temperatura y Presión delimitadas y controles en los límites han sido instalados - Gráficas de control muestran que el proceso está en control Cpk=1.85 | 7 | 1 | 5 | 35 |
| | | | | | | Cabeza de espreado deformada debido a impacto | Programa de mantenimiento preventivo para mantener cabezas | 2 | Chequeo de variables para espesor de capa<br><br>Chequeo visual de cubierta | 5 | 70 | Ninguno | | | | | | |
| | | | | | | Tiempo de espreado suficiente | Ninguno | 5 | Instrucciones de los operadores<br>Chequeo (visual) de cubierta en áreas críticas por muestreo de lotes | 7 | 245 | Instalar el contador de tiempo del espreado | Mantenimiento xx/xx/xx | Contador de tiempo de equipo de espreado automático instalado - operador inicia espreado, contador controla los paros<br>Gráficas de control muestran que el proceso está en control - Cpk = 2.05 | 7 | 1 | 7 | 49 |
| | | Cubierta de grasa excesiva sobre superficie especificada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a1 | a2 | b | c | d | e | f | h | g | h | i | j | k | l | m | | ----n---- | | |

MUESTRA

Sólo para fines de entrenamiento

### Resultados de Acciones *(m-n)*

Esta sección identifica los resultados de las acciones terminadas y su efecto en los rangos de S, O, D y NPR.

### Acción(es) Tomadas y Fecha de Terminación *(m)*

Después de que las acciones se han implementado, registra una breve descripción de las acciones tomadas y la fecha de terminación actual.

### Severidad, Ocurrencia, Detección y NPR *(n)*

Después de que las acciones preventivas/correctivas se han completado, determina y registra los rangos de severidad, ocurrencia y detección.

Calcula y registra el indicador de prioridades (riesgos) de acciones resultantes (ej., NPR).

Todos los rangos revisados debieran ser evaluados. Las acciones por si mismas no garantizan que el problema se haya resuelto (ej., causas abordadas) por tanto debiera completarse un análisis o prueba apropiados como verificación. Si se considera necesario acciones adicionales, repetir el análisis. El enfoque debiera ser siempre en el mejoramiento continuo.

Sólo para fines de entrenamiento

| Pasos del Proceso / Función | Requerimiento | Modo de Falla | Causa | Controles Preventivos | Controles de Detección | Acciones Recomendadas |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operación 20 (Sujetar cojín del asiento a la guía usando una pistola de torque) Seleccionar cuatro tornillos | Cuatro tornillos | Menos de cuatro tornillos | Pocos tornillos instalados sin advertencia | Ayudas visuales ilustrando cantidad correcta<br>Entrenamiento de operadores | Inspección visual en la estación | Monitoreo del torque en la estación; Cierre/Paro de línea si son menos de cuatro |
| | Tornillos especificados | Tornillo usado equivocado (diámetro más largo) | Tornillos similares disponibles en la estación | Ayudas visuales ilustrando cantidad correcta<br>Entrenamiento de operadores | Inspección visual en la estación | Monitoreo del ángulo del torque en la estación; Cierre/Paro de línea si el ángulo no se cumple<br><br>A prueba de errores por diseño: usar un tipo de tornillo para la estación/producto |
| Operación 20 (Sujetar cojín del asiento a la guía usando una pistola de torque) Iniciando con el orificio derecho delantero, aplicar torque en cada tornillo en el torque requerido | Secuencia de ensamble: Primer tornillo en orificio derecho delantero | Tornillo colocado en cualquier otro orificio | Mas de un orificio disponible al operador | Ayudas visuales ilustrando cantidad correcta<br>Entrenamiento de operadores | Inspección visual en la estación | Agregar un sensor de posición al roscado no permitiendo que opere la herramienta a menos que el roscado esté alineado con el orificio correcto |
| | | | | | | |

**Tabla IV.5 Ejemplos de Causas, Controles y Acciones**

## Manteniendo los AMEFP

El AMEFP es un documento vivo y debiera ser revisado cuando haya algún cambio en el diseño del producto o el proceso y se actualice, conforme sea requerido.

Otro elemento de mantenimiento continuo de los AMEFPs debiera incluir revisiones periódicas. Enfoque específico debiera darse a rangos de Ocurrencia y Detección. Esto es particularmente importante cuando ha habido cambios o mejoramientos del producto o proceso en los controles del proceso mismo. Adicionalmente, en casos de aspectos clave de campo o producción que hayan ocurrido tales como, interrupciones, los rangos correspondientes debieran ser revisados.

## Apalancamiento de AMEFPs

El uso de un AMEFP en forma sensata y fundamental es el punto de partida para ofrecer mejores oportunidades para apalancar el uso de experiencias y conocimiento pasados.

Sólo para fines de entrenamiento

Si un proyecto ó aplicación es funcionalmente similar al producto existente y el proceso a ser usado es similar, un solo AMEFP puede usarse con acuerdo del cliente. Si existen diferencias, el equipo debiera identificar y enfocarse a los efectos de estas diferencias.

## Conexiones

El AMEFP no es un documento "sólo per se". La Figura IV.5 muestra los enlaces ó conexiones comunes.

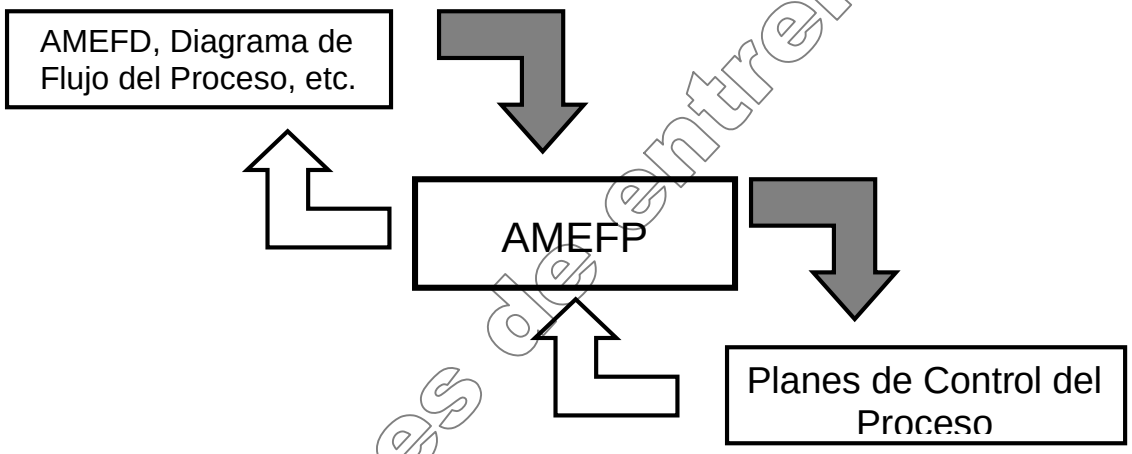



**Figura IV.5 Flujo de Información de Interrelación de los AMEFPs**

## Hacia los AMEFDs

En el desarrollo de un AMEFP es importante utilizar información y conocimientos adquiridos en la creación del AMEFD. Sin embargo, el enlace/conexión entre los dos documentos no siempre es obvio. La dificultad ocurre porque el enfoque de cada AMEF es diferente. El AMEFD se enfoca en la función de la parte mientras que el AMEFP se enfoca en los pasos de manufactura o en el proceso mismo. La información en las columnas de cada formato no están directamente alineados. Por ejemplo, el Item/Artículo/Función en el Diseño no es equivalente a Funciones/Requerimientos del Proceso; el modo de falla potencial del diseño no es equivalente al modo de la falla potencial del proceso; la causa de la falla potencial del diseño no es equivalente a la causa de la falla potencial del proceso. Sin embargo, comparando el análisis global de un diseño y su proceso, puede hacerse una conexión. Tal conexión es entre las características identificadas durante el análisis del AMEFD y el AMEFP.

Otra conexión es la relación entre las causas de las fallas potenciales del diseño (AMEFD) y los modos de fallas potenciales del proceso (AMEFP). Por ejemplo, el diseño de una propiedad tal como, un orificio puede causar un modo de falla particular.

Sólo para fines de entrenamiento

El correspondiente modo de falla es la inhabilidad del proceso de manufacturar la misma propiedad como se diseñó. En este ejemplo, la causa del modo de falla potencial del diseño (diámetro del orificio diseñado muy largo) parecería similar al modo de falla potencial del proceso (orificio taladrado muy largo). El efecto potencial del modo de la falla para ambos diseño y proceso puede ser idéntico si no hubieran efectos adicionales relacionados. En otras palabras, el resultado final (efecto) de un modo de falla es el mismo, pero hay dos causas distintas.

Durante el desarrollo del AMEFP, es responsabilidad del equipo asegurar que todos los modos de fallas potenciales del proceso relacionados los cuales lleven a efectos relacionados con un producto sean consistentes entre el AMEFD y el AMEFP.

## Hacia los Planes de Control

Además de la lista de Acciones Recomendadas y su subsecuente seguimiento como un resultado de la actividad de AMEFPs, debiera desarrollarse un Plan de Control [13]. Algunas organizaciones pueden elegir no identificar específicamente las características relacionadas con el producto y el proceso. En esta situación, la parte de "Características del Producto" de los Planes de Control puede derivarse de la parte de "Requerimientos" de la columna de "Función/Requerimientos del Proceso" y la parte de "Características del Proceso" puede derivarse de la columna de "Causa(s) Potenciales de los Modos de Fallas".

Cuando el equipo desarrolla el Plan de Control, el equipo mismo necesita asegurar que los controles actuales de los AMEFPs sean consistentes con los métodos de control especificados en los Planes de Control.

Sólo para fines de entrenamiento

[13] Los Lineamientos para el Desarrollo de Planes de Control están incluidos en el *Manual de Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto y Planes de Control (APQP)*, de AIAG por Chrysler, Ford, GM.

# APÉNDICES

# Apéndice A: Formatos Muestra

## Formatos para AMEFDs

- Formato **A**: Formato Básico (con el mínimo de información) [14]
  - Con los Controles de Prevención y Detección como columnas separadas [15]
- Formato **B**: Formato con Item/Artículo/Función y Requerimientos en columnas separadas
  - Para ayudar en la determinación de modos de fallas
- Formato **C**: Formato A con la columna de Controles de Prevención a la izquierda de la columna de Ocurrencia
  - Para mostrar mejor la relación entre los controles de prevención y el rango de ocurrencia
- Formato **D**: Formato **B** y **C** combinados
- Formato **E**: Formato **D** con columnas por separado para Controles Actuales de Detección de Diseños (Causas y Modos de Fallas)
  - Para resaltar la necesidad de considerar controles relacionados con las causas
- Formato **F**: Formato **B** con columnas por separado para Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación y Acciones Tomadas y Fechas de Terminación
  - Para permitir clasificar ó agrupar por fechas

Sólo para fines de entrenamiento

[14] Este formato se ofrece en el *Manual de FMEA 3ª. Edición*, de AIAG por Chrysler, Ford y GM.

[15] Los Controles Preventivos y de Detección pueden estar en la misma columna si cada control es definido con una “P” ó “D” respectivamente.

Sistema

Subsistema

Componentes

Año(s)/Programa(s) del Modelo

## ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Responsabilidades de Diseño

Fecha Clave

Número de AMEF

Página de

Preparado por:

Fecha de AMEF (Orig.)

Equipo Central

| Artículo/ Función / Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Ocurrencia | Controles Actuales del Diseño Prevención | Controles Actuales del Diseño Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Formato A de AMEFDs**
**115**

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema

Subsistema

Componentes

Año(s)/Programa(s) del Modelo

## ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Responsabilidades de Diseño

Fecha Clave

Número de AMEF

Página de

Preparado por:

Fecha de AMEF (Orig.)

Equipo Central

| Artículo / Requerimientos | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Ocurrencia | Controles Actuales del Diseño Prevención | Controles Actuales del Diseño Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

_____ Sistema

_____ Subsistema

_____ Componentes _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Equipo Central _____

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Responsabilidades de Diseño _____

Preparado por: _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

| Artículo/ Función / Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Controles Actuales del Diseño Prevención | Ocurrencia | Controles Actuales del Diseño Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

_____ Sistema

_____ Subsistema

_____ Componentes _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

## ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Responsabilidades de Diseño _____

Fecha Clave _____

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Preparado por: _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Equipo Central _____

| Artículo / Requerimientos | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Controles Actuales del Diseño Prevención | Ocurrencia | Controles Actuales del Diseño Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |





Sólo para fines de entrenamiento

Sistema _____

Subsistema _____

Componentes _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Responsabilidades de Diseño _____

Fecha Clave _____

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Preparado por: _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Equipo Central _____

| Artículo / Requerimientos | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Controles de Prevención | Ocurrencia | Controles Actuales de Detección en el Diseño | | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Causas | Modos de Falla | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

Sistema _____

Subsistema _____

Componentes _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Equipo Central _____

## ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Responsabilidades de Diseño _____

Fecha Clave _____

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Preparado por: _____ _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

| Artículo / Requerimientos | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Ocurrencia | Controles Actuales del Diseño Prevención | Controles Actuales del Diseño Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades | Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas | Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

## Formatos para AMEFPs

- Formato **A**: Formato Básico (con el mínimo de información) [16]
  - Con los Controles de Prevención y Detección como columnas separadas [17]
- Formato **B**: Formato **A** con el Paso/Función y los Requerimientos del Proceso por separado
  - Para apoyar en la determinación de los modos de las fallas
- Formato **C**: Formato **A** con la Columna de Controles de Prevención a la izquierda de la columna de Ocurrencia
  - Para mostrar mejor la relación entre los controles de prevención y el rango de ocurrencia
- Formato **D**: Formatos **B** y **C** combinados
- Formato **E**: Formato **D** con columnas por separado para Controles Actuales de Detección del Proceso (Causas y Modos de Fallas)
  - Para resaltar la necesidad de considerar las causas relacionadas con los controles
- Formato **F**: Formato **B** con columnas por separado para Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación y Acciones Tomadas y Fechas de Terminación
  - Para permitir clasificar ó agrupar por fechas
- Formato **G**: Formato **B** con ID, Producto y Proceso con una columna ligada a Requerimientos
  - Para ofrecer consistencia entre el Diagrama de Flujo, el AMEFP y los Planes de Control
- Formato H: Formatos **D** y **G** combinados

Sólo para fines de entrenamiento

[16] Este formato se ofrece en el *Manual de FMEA 3ª. Edición*, de AIAG por Chrysler, Ford y GM.
[17] Los Controles Preventivos y de Detección pueden estar en la misma columna si cada control es definido con una "P" ó "D" respectivamente.

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Responsabilidades de Proceso _____

Preparado por: _____

Item: _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Equipo Central _____

| Pasos del Proceso/ Función / Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Ocurrencia | Controles Actuales del Proceso Prevención | Controles Actuales del Proceso Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Item: _____

Responsabilidades de Proceso _____

Preparado por: _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Equipo Central _____

| Pasos del Proceso / Función | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Ocurrencia | Controles Actuales del Proceso Prevención | Controles Actuales del Proceso Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESO)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Item: _____

Responsabilidades de Proceso _____

Preparado por: _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Equipo Central _____

| Pasos del Proceso/ Función / Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Controles Actuales del Proceso Prevención | Ocurrencia | Controles Actuales del Proceso Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Item: _____

Responsabilidades de Proceso _____

Preparado por: _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Equipo Central _____

| Pasos del Proceso / Función | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Controles Actuales del Proceso Prevención | Ocurrencia | Controles Actuales del Proceso Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

_____ Sistema

_____ Subsistema

_____ Componentes _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE DISEÑO)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Responsabilidades de Diseño _____

Preparado por: _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Equipo Central _____

| Pasos del Proceso / Función | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Controles Actuales del Proceso Prevención | Ocurrencia | Controles Actuales de Detección en el Diseño | | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Causas | Modos de Falla | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Sólo para fines de entrenamiento

Sistema _____

Subsistema _____

Componentes _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Equipo Central _____

## ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESOS)

Responsabilidades de Proceso _____

Fecha Clave _____

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Preparado por: _____ _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

| Pasos del Proceso / Función | Requerimientos | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Ocurrencia | Controles Actuales del Proceso Prevención | Controles Actuales del Proceso Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades | Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas | Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Responsabilidades de Proceso _____

Preparado por: _____

Item: _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Equipo Central _____

| Pasos del Proceso / Función | Requerimientos | | | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Ocurrencia | Controles Actuales del Proceso Prevención | Controles Actuales del Proceso Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ID | Producto | Proceso | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Solo para fines de entrenamiento

# ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES (AMEF DE PROCESOS)

Número de AMEF _____

Página _____ de _____

Responsabilidades de Proceso _____

Preparado por: _____

Item: _____

Fecha Clave _____

Fecha de AMEF (Orig.) _____

Año(s)/Programa(s) del Modelo _____

Equipo Central _____

| Pasos del Proceso / Función | Requerimientos | | | Modo de Falla Potencial | Efecto(s) Potencial (es) de la Falla | Severidad | Clasificación | Causa(s) Potencial (es) de la Falla | Controles Actuales del Proceso Prevención | Ocurrencia | Controles Actuales del Proceso Detección | Detección | NPR | Acciones Recomendadas | Responsabilidades y Fechas Meta de Terminación | Resultados de Acciones | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ID | Producto | Proceso | | | | | | | | | | | | | Acciones Tomadas y Fecha de Terminación | Severidad | Ocurrencia | Detección | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sólo para fines de entrenamiento

## Apéndice B: AMEFs al Nivel de Sistemas

El proceso para un AMEF de Sistemas es generalmente el mismo que para el desarrollo de otros AMEFs. Las diferencias principales entre AMEFs al nivel de sistemas y otros tipos de AMEFs es el enfoque en las funciones e interrelaciones que son únicas del sistema como un todo (ej., no existen en niveles inferiores). El AMEF al nivel de sistemas incluye modos de fallas asociados con interfases e interacciones además de considerar puntos de fallas individuales las cuales son el enfoque primario de los AMEFs al nivel de productos.

Para ayudar a ilustrar el significado de AMEFs de Sistemas, Subsistemas y Componentes, dos ejemplos se han construido adelante en las Figuras B.1 (para interfases e interacciones) y en la Figura B.2 (para Items/Artículos, Funciones y Modos de Fallas).

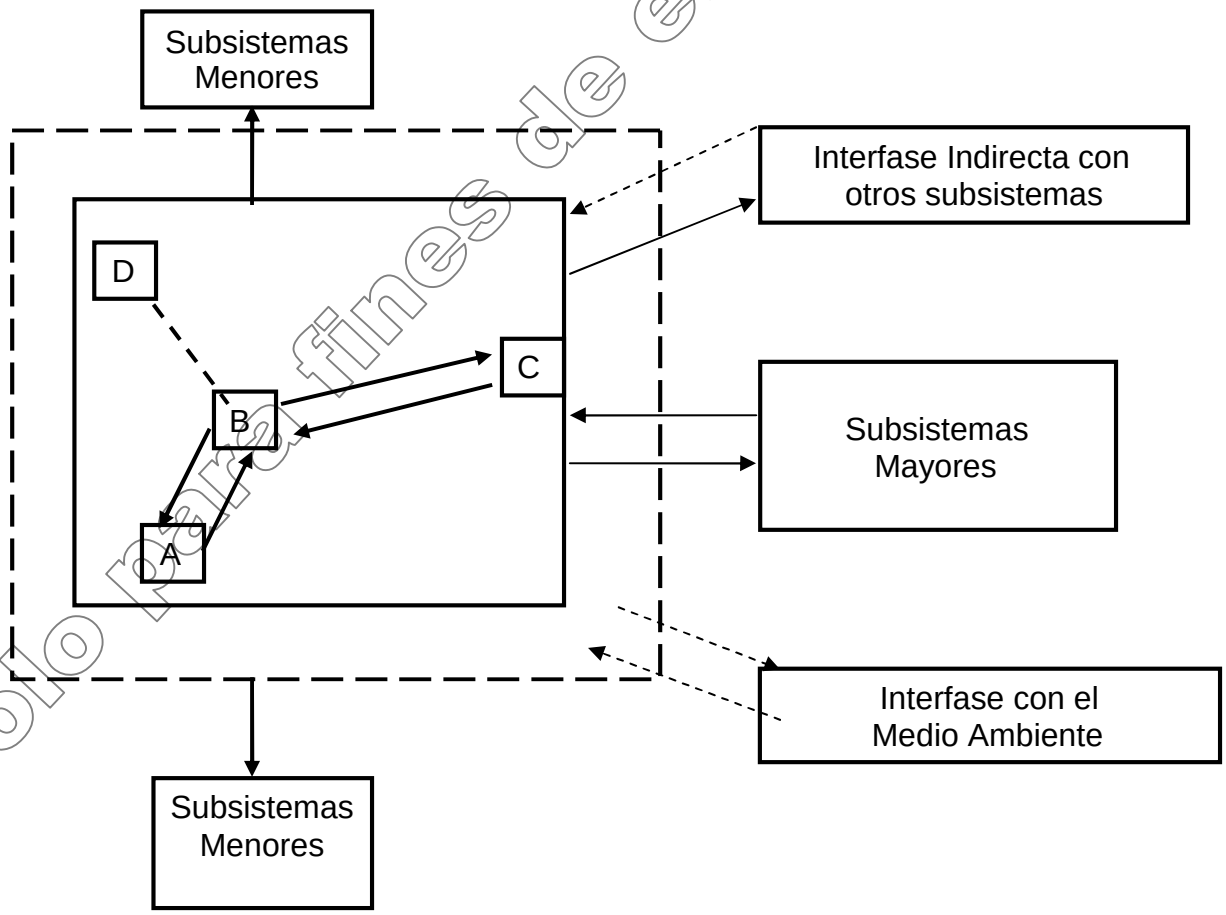



**Figura B.1 Interfases e Interacciones**

El equipo del AMEF es responsable de especificar el alcance de sus respectivos AMEFs. El ejemplo en la Figura B.1 muestra que el equipo ha especificado a los Subsistemas A, B, C y D junto con el medio ambiente alrededor como el alcance del Sistema que debe ser considerado cuando se complete el AMEF de Sistemas.

Sólo para fines de entrenamiento

## Interfases

En la Figura B.1, las interfases entre los subsistemas se muestran donde el Subsistema A toca (y se conecta con) el Subsistema B, B toca ó se conecta con C, y un espacio libre entre D y B identificado por la línea intermitente. El medio ambiente también toca cada uno de los subsistemas listados en Figura B.1, los cuales requieren que las "Interfases Ambientales" sean consideradas cuando se complete el AMEF. También, las interfases de subsistemas mayores y menores, ya sean directas ó indirectas, debieran ser incluidas.

Las interfases que son identificadas en el AMEF de Sistemas debieran ser incluidas en los respectivos AMEFs de Subsistemas.

La Figura B.2 muestra un sistema y sus interrelaciones en un enfoque orientado al "hardware".

## Interacciones

Un cambio en un sistema ó componente puede causar un cambio en otro subsistema ó componente.

En la Figura B.1 las interacciones entre los subsistemas y componentes pueden ocurrir entre cualquiera de los sistemas que estén en interfase. Por ejemplo, cuando el Subsistema A se caliente, da como resultado que los Subsistemas B y D ganen calor a través de sus respectivas interfases, a sí como cuando el Subsistema A pierda calor hacia el medio ambiente. Interacciones pueden ocurrir entre sistemas "sin contacto" via transferencia a través del "medio ambiente". Por ejemplo, si el medio ambiente se compone de una alta humedad y los Subsistemas A y C son metales no similares separados por un Subsistema B compuesto de un no metal, los Subsistemas A y C pueden aun tener una reacción electrolítica debido a la humedad del medio ambiente. Por tanto, las interacciones entre subsistemas sin contacto pueden ser relativamente difíciles de predecir pero son importantes y debieran ser consideradas.

Sólo para fines de entrenamiento

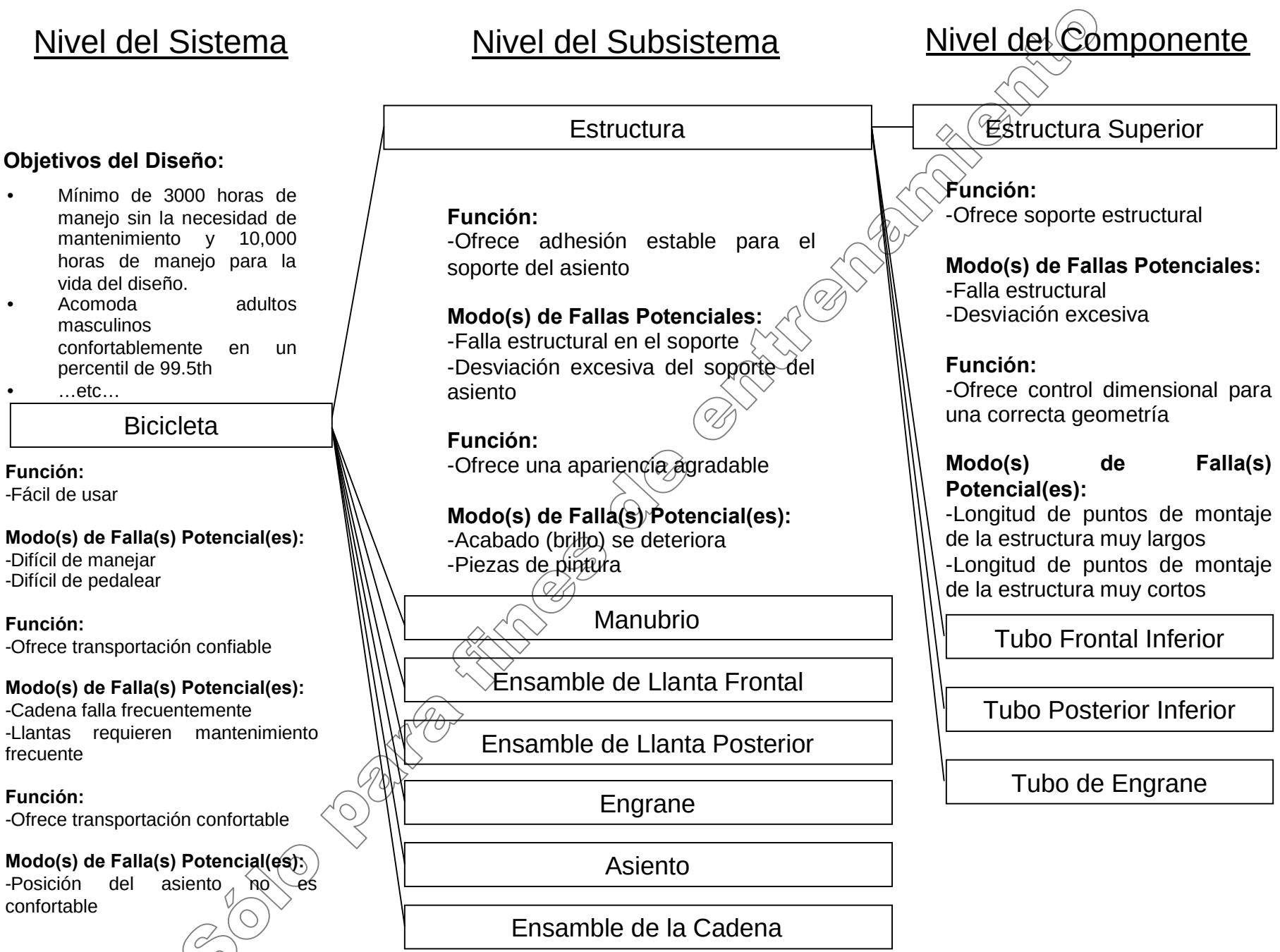



**Figura B.2 Item/Punto, Funciones y Fallas**

Sólo para fines de entrenamiento

## Relaciones

### Niveles Múltiples de AMEFs de Diseños

Más probable que no el enfoque de un AMEFD es un ítem/punto el cual es un subconjunto de un sistema más largo. Los AMEFs en diferentes niveles de la jerarquía de diseño (ej., sistema, subsistema y componente) están conectados/ligados a través de las causas → modos de fallas → efectos de las relaciones de las fallas. Esta es una conexión en dos sentidos (ver Figura B.3):

***De un nivel inferior a uno alto***: El efecto de un modo de falla en un nivel dado es un modo de falla en el siguiente nivel superior.

Por ejemplo, el efecto de un modo de falla de la parte 2 sería un modo de falla del módulo 3 ya sea directamente ó indirectamente provocando que otra parte falle. El efecto de un modo de falla del módulo 4 es un modo de falla del subsistema 4. Consecuentemente, el efecto de un modo de falla en cualquier subnivel puede en última instancia llegar a ser un modo de falla del sistema con sus efectos relacionados con el cliente/usuario.

***De un nivel alto a uno inferior***: La conexión ó liga de un nivel alto con un nivel inferior siguiente se relaciona con la física de la falla más que con una causa pura y con la relación de algún efecto, dado que en el desarrollo de un AMEFD las causas identificadas en cualquier nivel tratan con el proceso del diseño y sólo indirectamente con los mecanismos de la falla.

Entiéndanse que estas relaciones ofrecen consistencia de análisis y economía en los esfuerzos en el desarrollo de AMEFDs.

Sólo para fines de entrenamiento

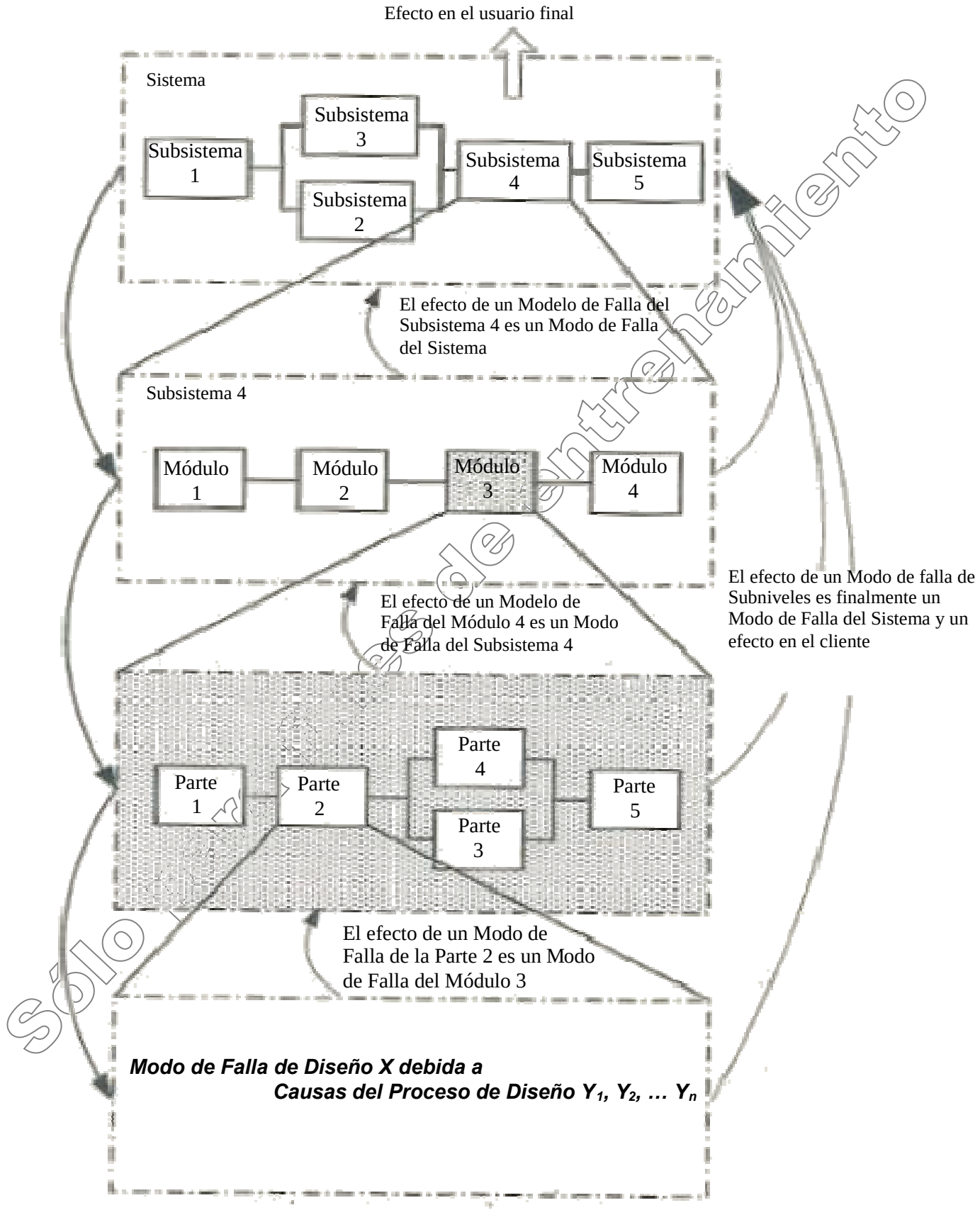

Efecto en el usuario final
Sistema
Subsistema 1
Subsistema 3
Subsistema 2
Subsistema 4
Subsistema 5
El efecto de un Modelo de Falla del Subsistema 4 es un Modo de Falla del Sistema
Subsistema 4
Módulo 1
Módulo 2
Módulo 3
Módulo 4
El efecto de un Modo de falla de Subniveles es finalmente un Modo de Falla del Sistema y un efecto en el cliente
El efecto de un Modelo de Falla del Módulo 4 es un Modo de Falla del Subsistema 4
Parte 1
Parte 2
Parte 4
Parte 3
Parte 5
El efecto de un Modo de Falla de la Parte 2 es un Modo de Falla del Módulo 3
Modo de Falla de Diseño X debida a
Causas del Proceso de Diseño Y1, Y2, … Yn

**Figura B.3 Enlaces y Conexiones de Efectos de AMEFDs**

Sólo para fines de entrenamiento

# Apéndice C: Alternativas de Evaluaciones de Riesgos

## Alternativas para NPR

El número de prioridad en riesgos es el producto de los rangos de severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D).

***(S) x (O) x (D) = NPR***

Dentro del alcance del AMEF individual, este valor (entre 1 y 1,000) puede ser usado para apoyar al equipo en dar un rango a aspectos clave del diseño del producto y proceso.

La Tabla siguiente, sin embargo, ilustra como *diferentes* escenarios de Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección resultan en valores *iguales* de NPR. [18]

Bajo revisión de cada escenario, las prioridades no serían establecidas por el equipo en base al NPR per se.

Quince Situaciones Diferentes con un NPR = 360

| | **Severidad del Problema** | | **Probabilidad de Ocurrencia** | | **Probabilidad de Detección** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Riesgosa | 10 | Alta | 9 | Moderada | 4 |
| 2 | Riesgosa | 10 | Moderada | 6 | Baja | 6 |
| 3 | Riesgosa | 10 | Moderada | 4 | Muy Remota | 9 |
| 4 | Riesgosa | 9 | Muy Alta | 10 | Moderamente Alta | 4 |
| 5 | Riesgosa | 9 | Alta | 8 | Moderada | 5 |
| 6 | Riesgosa | 9 | Moderada | 5 | Remota | 8 |
| 7 | Riesgosa | 9 | Moderada | 4 | Imposible | 10 |
| 8 | Alta | 8 | Alta | 9 | Moderada | 5 |
| 9 | Alta | 8 | Moderada | 5 | Muy Remota | 9 |
| 10 | Moderada | 6 | Muy Alta | 10 | Baja | 6 |
| 11 | Moderada | 6 | Moderada | 6 | Imposible | 10 |
| 12 | Moderada | 5 | Alta | 9 | Remota | 8 |
| 13 | Moderada | 5 | Alta | 8 | Muy Remota | 9 |
| 14 | Moderada | 4 | Muy Alta | 10 | Muy Remota | 9 |
| 15 | Moderada | 4 | Alta | 9 | Imposible | 10 |

La facilidad de cálculo y la clasificación de este índice ha llevado a que muchos lo usen de manera única y sin consideración de lo que podría ser más apropiado en la priorización. Ejemplos de tales alternativas son las siguientes.

[18] Usada con el permiso de Whirlpool Corporation, ©2005, 2006.

Sólo para fines de entrenamiento

## Alternativa: SO (S x O)

Algunas organizaciones pueden seleccionar el enfocarse en la Severidad y Ocurrencia. El índice SO es el producto de los Rangos de la Severidad y la Ocurrencia. En el uso de este índice, la organización puede enfocarse en cómo reducir SO reduciendo el valor de "O" a través de acciones preventivas. Además esto puede llevar a mejoramientos de detección subsecuentes para aquellos casos con valores de SO más altos.

## Alternativa: SOD, SD

Algunas organizaciones han seleccionado el uso de SOD ó SD como una herramienta de priorización. SOD es la combinación no aritmética de los rangos de Severidad, Ocurrencia y Detección. SD es la combinación no aritmética de los rangos de Severidad y Detección

Ejemplo (SOD):
Severidad, S = 7
Ocurrencia, O = 3
Detección, D = 5
El SOD resultante es 735

Ejemplo (SD):
Severidad, S = 7
Detección, D = 5
El SD resultante es 75

El SOD, cuando se clasifica en orden numérico y descendiente prioriza escenarios primero por severidad, segundo por ocurrencia y por último por detección.

| S | O | D | NPR | SOD | SD | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 7 | 3 | 147 | 773 | 73 | Muy Diferentes Escenarios |
| 7 | 3 | 7 | 147 | 737 | 77 | |
| 3 | 7 | 7 | 147 | 377 | 37 | |

**Valores Iguales de NPR**

**Tabla C.1 Contraste entre NPR, SOD y SD**

> Justo como con el NPR, el uso del índice SOD/SD debiera ser usado en el contexto de discusión del equipo. Definiendo prioridades simplemente y en base al SOD se tienen limitaciones justo como con el NPR. Por ejemplo, un modo de falla con un SOD de 711 tendría un rango más alto (ej., tiene que ser considerado antes) que un modo de falla con un SOD de 599.

Sólo para fines de entrenamiento

# Apéndice D: Técnicas de Análisis Alternativas

El análisis de Modos de Fallas y Efectos es una de muchas técnicas usadas para evaluar y analizar riesgos en diseños. Otros métodos se han desarrollado para áreas específicas y pueden ser usados para complementar el análisis del proceso de AMEFs. Estos métodos pueden ser usados como un reemplazo para un AMEF con la autorización del cliente. Estos son sólo algunos ejemplos.

## Análisis de Modos de Fallas, Efectos y Criticalidad (AMFECs)

AMFEC es similar al AMEF. La C en el AMFEC indica que la criticalidad (ó severidad) de los diferentes efectos de las fallas son considerados y se les da un rango. Hoy en día, el AMEF es a menudo usado como un sinónimo para AMFEC.

## Revisiones de Diseños en Base a Modos de Fallas (RDBMFs)

Las Revisiones de Diseños en Base a Modos de Fallas es un análisis de causas y efectos de aspectos clave relacionados con un cambio de diseño. Es una herramienta usada para guiar y administrar una buena discusión en relación a cambios. RDBMFs se orientan en los impactos de cambios de diseños, procedimientos de evaluación y sistemas de manufactura con la intención de anticiparse y prevenir problemas. Una revisión de diseño por expertos del tema en cuestión para evaluar cambios y mejoras relacionados es una parte integral de una RDBMF. (Hacer referencia a Figura D.1).

## Análisis de Árboles de Fallas (AAFs)

AAF es una técnica para análisis de sistemas donde las fallas de sistemas son analizadas a partir de una sola falla de sistema para identificar todas las posibles causas. AAF considera combinaciones de causas interdependientes así como independientes. Además de la estructura de un árbol de fallas y todas las interdependencias lógicas, el AAF normalmente incluye la identificación de probabilidades de fallas. Esto permite el cálculo de la confiabilidad del sistema dadas las confiabilidades de los componentes. [19] (Hacer referencia a Figura D.2).

Sólo para fines de entrenamiento

[19] Referencias: IEC 61025; QICID (ASQ-200352).

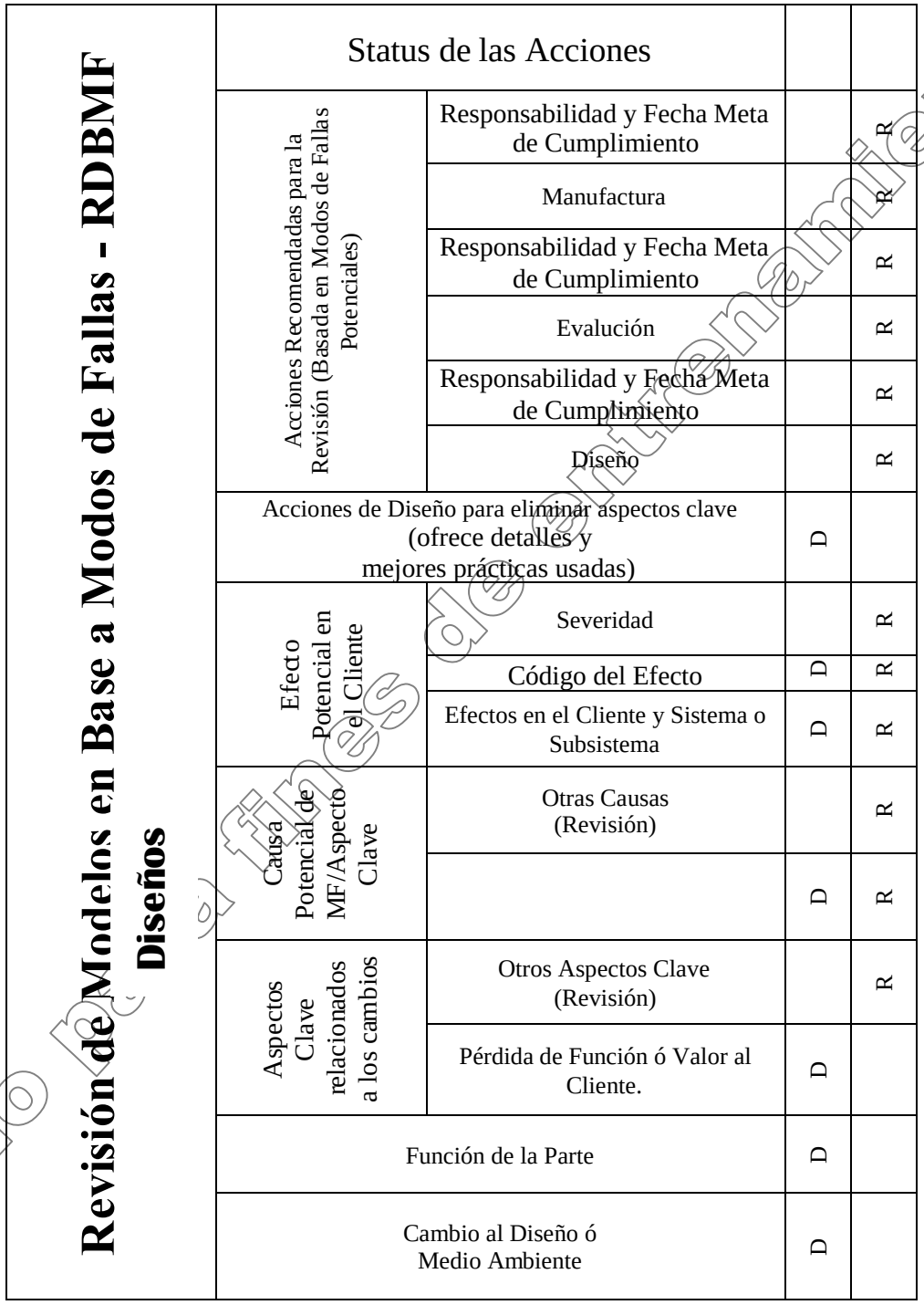
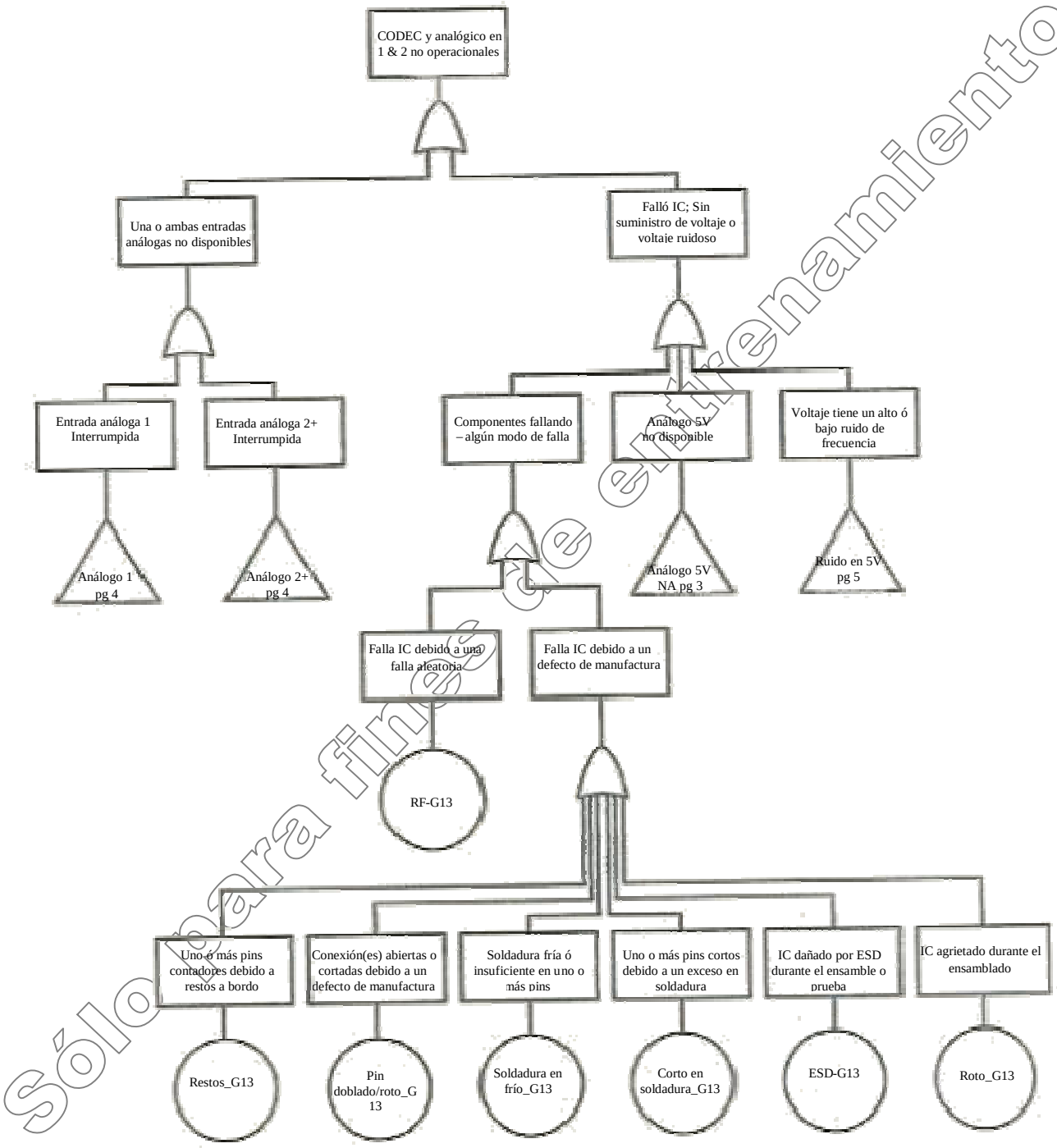

Revisión de Modelos en Base a Modos de Fallas - RDBMF
Diseños
Status de las Acciones
Acciones Recomendadas para la Revisión (Basada en Modos de Fallas Potenciales)
Responsabilidad y Fecha Meta de Cumplimiento
Manufactura
Responsabilidad y Fecha Meta de Cumplimiento
Evalución
Responsabilidad y Fecha Meta de Cumplimiento
Diseño
Acciones de Diseño para eliminar aspectos clave (ofrece detalles y mejores prácticas usadas)
Efecto Potencial en el Cliente
Severidad
Código del Efecto
Efectos en el Cliente y Sistema o Subsistema
Causa Potencial de MF/Aspecto Clave
Otras Causas (Revisión)
Aspectos Clave relacionados a los cambios
Otros Aspectos Clave (Revisión)
Pérdida de Función ó Valor al Cliente.
Función de la Parte
Cambio al Diseño ó Medio Ambiente
D
R

**Figura D.1 Ejemplo de Elementos de una RDBMF**

Sólo para fines de entrenamiento


CODEC y analógico en 1 & 2 no operacionales
Una o ambas entradas análogas no disponibles
Falló IC; Sin suministro de voltaje o voltaje ruidoso
Entrada análoga 1 Interrumpida
Entrada análoga 2+ Interrumpida
Componentes fallando – algún modo de falla
Análogo 5V no disponible
Voltaje tiene un alto ó bajo ruido de frecuencia
Análogo 1 pg 4
Análogo 2+ pg 4
Análogo 5V NA pg 3
Ruido en 5V pg 5
Falla IC debido a una falla aleatoria
Falla IC debido a un defecto de manufactura
RF-G13
Uno ó más pins contadores debido a restos a bordo
Conexión(es) abiertas o cortadas debido a un defecto de manufactura
Soldadura fría ó insuficiente en uno o más pins
Uno o más pins cortos debido a un exceso en soldadura
IC dañado por ESD durante el ensamble o prueba
IC agrietado durante el ensamblado
Restos_G13
Pin doblado/roto_G13
Soldadura en frío_G13
Corto en soldadura_G13
ESD-G13
Roto_G13

Sólo para fines de entrenamiento

**Figura D.2 Estructura de un Árbol para un AAF**

# Referencias y Lecturas Sugeridas

IEC 60300-3-1, *Dependability management – Part 3-1: Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology.*

IEC 60812, Edition 2; *Failure modes and effects analysis*, January 2006.

IEC 61025, Edition 2; *Fault tree analysis*, January 2007.

QICID (ASQ-20352) "*System Reliability Through Fault Tree Analysis".*

SAE ARP 5580, *Recommended Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). Practices for Non-Automotive Applications.* (Replacement for MIL-STD-1629A, 1998 (withdrawn)).

SAE J1739:2002, *Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA).*

Alfredo, H.S. Ang and Wilson, H. Tang (1990). "*Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume II -- Decision Risk and Reliability*", Wiley Publications.

Bowles, J. (2003). "An Assessment of RPN Prioritization in a Failure Modes Effects and Criticality Analysis", *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*, pp 380-386; also in *Journal of the IEST, Institute of Environmental Sciences and Technology*, Vol 47, 2004, pp. 51-56.

Krasich, M. (2007). "Physics of Failure Approach to FMEA", *Tutorial Proceedings Reliability and Maintainability Symposium.*

Krasich, M. (2005). "Fault Tree Analysis in Product Reliability Improvement", *Tutorial Proceedings Reliability and Maintainability Symposium.*

O'Conner, P.D.T., (2002). Practical Reliability Engineering. 4th edition, (Wiley).

Shu-Ho Dai and Ming-O Wang (1992), *Reliability Analysis in Engineering Applications*, Van Nostrand Reinhold.

Wheeler, D. J. (2005). *The Six Sigma Practitioner's Guide to Data Analysis*, SPC Press, Knoxville, pp.311-315.

Rausand, M. (2004). System Reliability Theory (2nd ed), Wiley, 2004.

Sólo P

# Índice

APQP (Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto), 2, 5
diagrama de bloques, 18, 19 29
clasificación, 39, 91
mejoramiento continuo, 6, 57, 63, 103, 107, 109
planes de control, 6, 13, 111
multifuncional, 2, 9, 17, 69, 71
controles de diseño actuales, 49, 53
mejoramientos de diseño, 16
intención de diseño, 11, 12, 22, 29, 41, 49, 68, 79
vida del diseño, 45
detección, 13, 18, 49, 51, 57-64, 68, 73, 95, 99-110, 135, 136
controles de detección, 49, 66, 99, 107
AMEFDs (Análisis de Modos y Efectos de Fallas de Diseño), 5, 16-19, 22, 25, 29, 39, 41, 64-66, 70, 73, 83, 84, 111, 133
DOE (Diseño de Experimentos), 61, 107
RDBMFs (Revisiones de Diseño por Modos de Fallas), 137
a prueba de errores, 73, 105
criterios de evaluación, 37, 45, 53, 87, 92, 99
diagrama de flujo, 70, 71, 81, 107
AMFECs (Análisis de Modos de Fallas, Efectos y Criticalidad, 3, 137
Seguimiento, 6
AAFs (Análisis de Árbol de Fallas), 137, 139
Función, 16, 18, 19, 21, 29, 31, 35, 71, 79, 111
requerimientos de funcionalidad, 8, 16, 18, 25
interacciones, 3, 10, 130, 131
interfases, 10, 11, 29, 130, 131
item (artículo, punto), 73, 75, 111, 133
conexiones, enlaces, 65, 111, 134
a prueba de fallas, 61, 107
ocurrencia, 3, 13, 45, 46, 49, 53, 57, 59, 61, 63, 64, 68, 69, 92, 93, 95, 99, 103, 105, 107, 109, 110, 135, 136
FEO (GM, Ford, Chrysler), 11, 17, 27, 75
AMEFPs (Análisis de Modos de Fallas y Efectos de Procesos), 5, 17, 66, 68-71, 75, 77, 83, 91, 95, 110, 111
causa potencial, 12, 39, 41, 91, 92
modo de falla potencial, 11, 16-18, 31, 61, 70-71, 81, 112
controles preventivos, 45
paso del proceso, 77, 79, 107
acciones recomendadas, 6, 13, 18, 57, 59, 61, 103, 107
ingeniero responsable, 17, 63, 69, 70, 91, 107
NPR (Nivel de Prioridad en Riesgos), 57, 59, 63, 103, 105, 109, 135, 136
Alcance, 3, 4, 8, 10, 11, 18, 25, 68, 70, 71, 73, 75, 130
SD (Rango por Severidad y Detección), 136
Severidad, 13, 37, 57, 59, 63, 84, 87, 103, 109, 135, 136
SO (Rango por Severidad y Ocurrencia), 136
SOD (Rango en base a Severidad, Ocurrencia y Detección), 136
SPC (Control Estadístico de los Procesos), 95, 107
característica especial, 39, 91
especificación, 11, 13, 61, 107
equipo, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 14, 17, 18, 21, 22, 27, 29, 35, 37, 41, 45, 49, 53, 57, 59, 69, 71, 73, 81, 87, 91, 95, 99, 103, 105, 111
líder de equipo, 6, 9, 69, 70, 107
umbral, 57, 59, 1003, 105
validación, 16, 31, 49, 59, 61

Sólo para fines de entrenamiento